

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа информационных технологий и робототехники
Направление подготовки 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств
Отделение школы (НОЦ) Отделение автоматизации и робототехники

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы	
МОДЕРНИЗАЦИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ УСТАНОВКОЙ ДОЗИРОВАНИЯ ХИМРЕАГЕНТА	

УДК 681.51-048.35:543-4:681.26

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т4А	Бирюков Антон Андреевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР	Громаков Е.И.	к.т.н		
Руководитель ООП	Громаков Е.И.	к.т.н		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ОСГН	Хаперская А.В.	-		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ИШХБМТ	Невский Е.С.	-		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ОАР	Леонов Сергей Владимирович	к.т.н		

Школа информационных технологий и робототехники
Направление подготовки 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств
Отделение школы (НОЦ) Отделение автоматизации и робототехники

(Подпись) _____
(Дата) Громаков Е.И.
(Ф.И.О.)

В форме:

Бакалаврской работы

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
8Т4А	Бирюков Антон Андреевич

Тема работы:

МОДЕРНИЗАЦИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ УСТАНОВКОЙ ДОЗИРОВАНИЯ ХИМРЕАГЕНТА

Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе</p>	<p>Объект исследования: установка комплексной подготовки газа.</p> <p>Цель работы: модернизация автоматизированной системы установки дозирования химреагента.</p> <p>Режим работы: непрерывный.</p> <p>Проектируемая АСУ ТП включает три уровня: полевой уровень, контроллерный уровень и информационно-вычислительный уровень.</p>
--	---

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	Описание технологического процесса; Разработка структурной схемы АС; Разработка функциональной схемы автоматизации; Разработка схемы информационных потоков АС; Выбор средств реализации АС; Разработка схемы соединения внешних проводок; Разработка алгоритмов управления АС; Разработка экранных форм АС; Моделирование работы системы регулирования
Перечень графического материала	Функциональная схема автоматизации по ГОСТ 21.208–2013; Таблица перечня вход/выходных сигналов; Структурная схема; Обобщенная структура управления АС; Схема соединения внешних проводок; Схема информационных потоков; Экранная форма; Мнемосхема АС УДХ; Алгоритм сбора данных измерений; Функциональная схема автоматизации по ANSI/ISA-S 5.1–2009;
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Хаперская А.В.
Социальная ответственность	Невский Е.С.

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
---	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАиР	Громаков Е.И.	Кандидат технических наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т4А	Бирюков Антон Андреевич		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
8Т4А	Бирюкову Антону Андреевичу

Институт	ИШИТР	Кафедра	ОАиР
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Производственная безопасность 1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности: <ul style="list-style-type: none"> – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты; – (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства). 	Анализ факторов рабочей среды и производственного процесса: <ul style="list-style-type: none"> • Производственный шум; • Электромагнитное излучение; • Электробезопасность; • Пожаро-взрывобезопасность.
2. Экологическая безопасность: <ul style="list-style-type: none"> – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды. 	Предметами воздействия на окружающую среду могут выступить бытовые отходы (части электронных устройств, макулатура и т.д.), а так же выбросы углеводородов, химикатов, связанных с технологическим процессом.
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: <ul style="list-style-type: none"> – перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий. 	Возможные ЧС на объекте: производственные аварии, пожары и возгорания, взрыв.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ИШХБМТ	Невский Е.С.	-		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т4А	Бирюков А.А.		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
8Т4А	Бирюкову Антону Андреевичу

Институт	ИШИТР	Кафедра	ОАиР
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Оклады ТПУ, стоимость компонентов системы, прайс-лист интернет-кафе
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Расчетно-аналитические
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Общая система налогообложения с учётом льгот для учебных учреждений (в том числе 27,1% отчислений во внебюджетные фонды)

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	1.Потенциальные потребители результатов исследования 2.Анализ конкурентных технических решений 3.SWOT – анали
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	1.Основная заработная плата исполнителей темы 2.Дополнительная заработная плата исполнителей темы 3.Отчисления во внебюджетные фонды 4.Расчет материальных затрат 5.Прочие расходы 6.Формирование бюджета затрат НИ
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Определение ресурсоэффективности проекта расчётом интегрального показателя

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. Альтернативы проведения НИ
4. График проведения и бюджет НИ
5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Хаперская А.В.	-		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т4А	Бирюков Антон Андреевич		

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Профессиональные компетенции</i>	
P1	Демонстрировать базовые естественнонаучные и математические знания для решения научных и инженерных задач в области анализа, синтеза, проектирования, производства и эксплуатации систем автоматизации технологических процессов и производств. Уметь сочетать теорию, практику и методы для решения инженерных задач, и понимать область их применения
P2	Иметь осведомленность о передовом отечественном и зарубежном опыте в области теории, проектирования, производства и эксплуатации систем автоматизации технологических процессов и производств.
P3	Применять полученные знания для определения, формулирования и решения инженерных задач при разработке, производстве и эксплуатации современных систем автоматизации технологических процессов и производств с использованием передовых научно–технических знаний и достижений мирового уровня, современных инструментальных и программных средств.
P4	Уметь выбирать и применять соответствующие аналитические методы и методы проектирования систем автоматизации технологических процессов и обосновывать экономическую целесообразность решений.
P5	Уметь находить необходимую литературу, базы данных и другие источники информации для автоматизации технологических процессов и производств.
P6	Уметь планировать и проводить эксперимент, интерпретировать данные и их использовать для ведения инновационной инженерной деятельности в области автоматизации технологических процессов и производств.
P7	Уметь выбирать и использовать подходящее программно–техническое оборудование, оснащение и инструменты для решения задач автоматизации технологических процессов и производств.
<i>Универсальные компетенции</i>	
P8	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде с пониманием культурных, языковых и социально – экономических различий.
P9	Эффективно работать индивидуально, в качестве члена и руководителя группы с ответственностью за риски и работу коллектива при решении инновационных инженерных задач в области автоматизации технологических процессов и производств, демонстрировать при этом готовность следовать профессиональной этике и нормам.
P10	Иметь широкую эрудицию, в том числе знание и понимание современных общественных и политических проблем, вопросов безопасности и охраны здоровья сотрудников, юридических аспектов, ответственности за инженерную деятельность, влияния инженерных решений на социальный контекст и окружающую среду.
P11	Понимать необходимость и уметь самостоятельно учиться и повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 115 страниц машинного текста, 30 таблиц, 32 рисунка, 1 список использованных источников из 34 наименований.

Ключевые слова: установка дозирования химреагента, автоматизированная система управления, насос дозирующий, насос закачки, пид-регулятор, программируемый логический контроллер, scada-система, автоматизированное рабочее место, запасные части, инструмент и принадлежности, измерительный канал, комплекс технических средств, программа и методика испытаний, пусконаладочные работы, системное программное обеспечение, шкаф бесперебойного питания.

Объектом исследования является установка дозирования химического реагента.

Цель работы – разработка автоматизированной системы управления установки дозирования химреагента с использованием плк, на основе выбранной scada-системы.

В данной вкр была разработана схема внешних проводок, позволяющая понять систему передачи сигналов от полевых устройств на щит кппа и арм оператора. При разработки сау были детально проработаны структурная и функциональная, соответствующая госту и стандарту ansi/isa, схемы. В заключение разработана мнемосхема и дерево экранных форм.

В результате выполнения вкр модернизирована автоматизированная система управления части установки комплексной подготовки газа, а именно установка дозирования химического реагента. Разработанная система может применяться в системах контроля, управления и сбора данных на различных промышленных предприятиях. Данная система позволит увеличить производительность, повысить точность и надежность измерений, сократить число аварий.

Содержание

Реферат	7
Глоссарий.....	11
Введение	12
1.Техническое задание	13
1.1 Назначение и цели создания АСУ ТП.....	13
1.2 Назначение системы.....	14
1.3 Требования к системе.....	15
1.3.1 Требования к системе в целом	15
1.3.2 Требование к техническому обеспечению	15
1.3.3 Требования к метрологическому обеспечению	16
1.3.4 Требование к программному обеспечению	16
1.3.5 Требования к математическому обеспечению	17
1.3.6 Требования к информационному обеспечению.....	17
2.Основная часть	18
2.1 Описание технологического процесса	18
2.2 Выбор архитектуры АС	19
2.3 Разработка структурной схемы АС	20
2.4 Разработка функциональной схемы автоматизации	21
2.5 Разработка схемы информационных потоков	23
3. Выбор средств реализации	27
3.1 Выбор контроллерного оборудования	27
3.2 Выбор датчиков.....	31
3.2.1 Выбор датчика температуры	31
3.2.2 Выбор уровнемера.....	33
3.2.3 Выбор сигнализаторов уровня.....	36
3.2.4 Выбор датчика давления	39
3.2.5 Выбор расходомера	41
3.3 Нормирование погрешности канала измерения	46
3.4 Выбор исполнительных механизмов	48
3.4.1 Выбор клапана	48

3.4.2 Выбор насоса	51
3.4.3 Выбор частотного преобразователя	53
3.5 Разработка схем соединения внешних проводов.....	54
3.6 Выбор алгоритмов управления АС (УДХ).....	55
3.6.1 Выбор алгоритмов управления АС (УДХ).....	55
3.6.2 Алгоритм автоматического регулирования технологическими параметрами	56
4. Программа и методика испытаний.....	63
4.1 Цель испытаний.....	63
4.2 Общее положение.....	64
4.3 Объем испытаний.....	65
4.4 Условия и порядок проведения испытаний	67
4.5 Требования к персоналу, проводящему испытания	68
4.6 Методики испытаний	68
4.7 Материально-техническое обеспечение испытаний	71
5. Разработка дерева экранных форм	72
6. Разработка экранных форм АС УДХ	72
6.1 Область видеокадра.....	73
7. Социальная ответственность	76
7.1. Профессиональная социальная безопасность	76
7.1.1 Электробезопасность	76
7.1.2 Производственный шум.....	76
7.2. Экологическая безопасность	77
7.3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях	78
7.3.1 Пожарная безопасность	78
7.4. Особенности законодательного регулирования проектных решений...	80
8. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	82
8.1 Потенциальные потребители результатов исследования.....	82
8.2 Потенциальные потребители результатов исследования.....	82

8.3 Технология QuaD	85
8.4 SWOT-анализ.....	86
9. Планирование научно-исследовательских работ	88
9.1 Структура работ в рамках научного исследования	88
9.2 Определение трудоемкости выполнения работ.....	89
9.3 Разработка графика проведения научного исследования	92
9.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	94
9.4.1 Расчет материальных затрат НТИ	94
9.4.2 Основная заработная плата исполнителей темы	95
9.4.3 Дополнительная заработная плата	96
9.4.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	97
9.4.5 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	98
9.4.6 Определение ресурсной, финансовой и экономической эффективности исследования.....	98
Заключение.....	102
Список литературы	103
Приложение А	106
Приложение Б.....	107
Приложение В	108
Приложение Г.....	109
Приложение Д	110
Приложение Е.....	111
Приложение Ж	112
Приложение З.....	113
Приложение И	114
Приложение К	115

Глоссарий

Автоматизированная система – комплекс аппаратных и программных средств, предназначенный для управления различными процессами в рамках технологического процесса.

Интерфейс – это совокупность средств (программных, технических, лингвистических) и правил для обеспечения взаимодействия между различными программными системами, между техническими устройствами или между пользователем и системой.

Мнемосхема – это представление технологической схемы в упрощенном виде на экране АРМ.

Технологический процесс – последовательность технологических операций, необходимых для выполнения определенного вида работ.

Архитектура автоматизированной системы – набор значимых решений по организации системы ПО, набор структурных элементов и их интерфейсов, при помощи которых компонуется АС.

SCADA – инструментальная программа для разработки программного обеспечения систем управления технологическими процессами в реальном времени и сбора данных

Программируемый логический контроллер – специализированное компьютеризированное устройство, используемое для автоматизации технологических процессов.

ОРС-сервер – это программный комплекс, предназначенный для автоматизированного сбора технологических данных с объектов и предоставления этих данных системам диспетчеризации по протоколам ОРС.

Диспетчерский пункт – центр системы диспетчерского управления, где сосредоточивается информация о состоянии производства.

Автоматизированная система управления технологическим процессом – комплекс программных и технических средств, предназначенный для автоматизации управления технологическим оборудованием на предприятиях.

Введение

Автоматизация – одно из направлений научно-технического прогресса, применение саморегулирующих технических средств, экономико-математических методов и систем управления, освобождающих человека от участия в процессах получения, преобразования, передачи и использования энергии, материалов или информации, существенно уменьшающих степень этого участия или трудоёмкость выполняемых операций. Требуется дополнительное применение датчиков (сенсоров), устройств ввода, управляющих устройств (контроллеров), исполнительных устройств, устройств вывода, использующих электронную технику и методы вычислений.

Автоматизация производства позволяет осуществлять технологические процессы без непосредственного участия обслуживающего персонала. Первоначально осуществлялась лишь частичная автоматизация отдельных операций. В дальнейшем сфера применения автоматизации расширилась как на основные, так и на вспомогательные операции. При полной автоматизации роль обслуживающего персонала ограничивается общим наблюдением за работой оборудования, настройкой и наладкой аппаратуры.

Целью данной работы является модернизация автоматизированной системы управления (УДХ) с использованием ПЛК, на основе выбранной SCADA-системы.

1. Техническое задание

1.1 Назначение и цели создания АСУ ТП

АСУ ТП дозирования химического реагента предназначена для автоматизированного приема, контроля, хранения и дозированного ввода в технологические установки нефтегазодобывающего предприятия.

Система должна решать следующие задачи:

- Оперативный сбор, хранение, обработка и передача информации о ходе технологического процесса, а также о состоянии технологического оборудования;
- Задача непосредственного воздействия на технологический процесс для управления им в соответствии с заданиями, которые устанавливают операторы АСУ;
- Контроль и управление в автоматическом и ручном режиме, стабилизации технологических параметров процесса;
- Обеспечение системы аварийной остановки для контроля технологического процесса и аварийных блокировок.

Система создается с целью:

- Обеспечения высоких технико-экономических показателей работы (УДХ) за счет автоматизированного поддержания наиболее рационального режима работы технологического оборудования в рамках заданных плановых и технических ограничений;
- Обеспечения высокого уровня безопасности технологических процессов (УДХ);
- Сокращение материальных и энергетических затрат;
- Уменьшение трудозатрат оперативного эксплуатационного персонала в результате автоматизации функций контроля и управления технологическими процессами и оборудованием.

1.2 Назначение системы

Установка дозирования химического реагента (УДХ) представляет собой систему технологического оборудования и различных вспомогательных устройств, которая обеспечивает сбор и соответствующую обработку информации в соответствии с требованиями российских отраслевых и государственных стандартов. В качестве сырья для УДХ служат фосфаты, калийные соединения (сода), кальцесодержащие вещества (мел, известняк, доломит).

Основные функции блоков дозирования:

- Дозированная перекачка хим.реагента из технологического бака (заправочного контейнера) при помощи насоса или насосов;
- Ввод присадок в технологическую линию магистрального трубопровода, транспортирующего нефтяные, газовые или иные продукты;
- Одоризация природного газа и сжиженных углеводородных газов, путем ввода определенного количества в магистраль;
- Закачка реагента определенными дозами в эмульсию, подвергающуюся обработке, посредством устройства для распыления;
- Опорожнение емкости при помощи внутренней насосной установки.

1.3 Требования к системе

1.3.1 Требования к системе в целом

Разрабатываемая АСУ ТП должна соответствовать требованиям ГОСТ 24.104-85 «Автоматизированная система управления. Общие требования», с учетом ниже изложенного в данном разделе.

1.3.2 Требование к техническому обеспечению

Технические средства АСУ ТП должны удовлетворять требованию информационной совместимости. Для этого технические средства должны иметь стандартные информационные интерфейсы, т.е. стандартные параметры сигналов входа/выхода, и поддерживать стандартные протоколы приема/передачи цифровых данных.

Все электрические и электронные средства систем автоматизации, размещаемые во взрывоопасных или пожароопасных зонах технологических объектов, должны применяться только во взрывозащищенном исполнении и иметь уровень взрывозащиты, отвечающий требованиям, предъявляемым ПУЭ, а коммутационные подключения к ним следует выполнять через барьеры искрозащиты, имеющие соответствующее свидетельство о взрывозащищенности.

Контроллеры должны иметь модульную архитектуру, позволяющую свободную компоновку каналов ввода/вывода. При необходимости ввода сигналов с датчиков, находящихся во взрывоопасной среде, допускается использовать как модули с искробезопасными входными цепями, так и внешние барьеры искробезопасности, размещаемые в отдельном конструктиве.[1]

Должна быть предусмотрена возможность расширения АСУ ТП путем подключения дополнительных контроллеров, модулей ввода-вывода, нормирующих преобразователей, барьеров искрозащиты и других аппаратных компонентов в объеме до 20% (30% по дискретным каналам ввода-вывода) от использованных.[2]

1.3.3. Требования к метрологическому обеспечению

Использование средств измерений и вычислительной техники должно обеспечивать поддержание заданных режимов работы оборудования.

Значение основной приведенной погрешности преобразования измерительного канала для датчиков температуры должно быть $\pm 0,3 \%$ от диапазона измерения, для датчика давления $\pm 1 \%$, а для датчика уровня $\pm 0,5 \%$.

Основная приведенная погрешность установления аналогового выходного сигнала должна быть не более $0,5 \%$ в рабочем диапазоне температур.[4]

1.3.4 Требование к программному обеспечению

Программное обеспечение АС включает в себя:

- Системное программное обеспечение (операционные системы);
- Специальное программное обеспечение;
- Инструментальное программное обеспечение;
- Общее (базовое) прикладное программное обеспечение.

Программное и информационное обеспечение должно обеспечивать следующие функции:

- Создание распределенной базы данных и возможность доступа к ней;
- Создание мнемосхем, которые отображают графическое изображение основного технологического оборудования, структуру алгоритмов управления и защиты;
- Конфигурирование отчетных документов (рапортов, протоколов).[5]

Средства создания специального прикладного ПО должны включать в себя технологические и универсальные языки программирования и соответствующие средства разработки (компиляторы, отладчики).

Базовое прикладное ПО должно обеспечивать выполнение стандартных функций соответствующего уровня АС (опрос, измерение, фильтрация, визуализация, сигнализация, регистрация и др.).

Специальное прикладное ПО должно обеспечивать выполнение нестандартных функций соответствующего уровня АС (специальные алгоритмы управления, расчеты и др.). [2]

1.3.5 Требования к математическому обеспечению

Математическое обеспечение АС должно представлять собой совокупность математических методов, моделей и алгоритмов обработки информации, используемых при создании и эксплуатации АС и позволять реализовывать различные компоненты АС средствами единого математического аппарата.[2].

1.3.6 Требования к информационному обеспечению

По результатам проектирования должны быть представлены:

- Состав, структура и способы организации данных в АС;
- Информация по виртуальному представлению данных и результатам мониторинга;
- Структура процесса сбора, обработки, передачи информации в АС;
- Порядок информационного обмена между компонентами и основными частями АС.

В состав информационного обеспечения должны входить:

- Средства ведения и управления базами данных;
- Унифицированная система электронных документов, выраженная в виде набора форм статистической отчетности. [2]

2.Основная часть

2.1 Описание технологического процесса

Функциональная схема ФС приведена в альбоме схем (Приложение А).

Установка дозирования химического реагента (УДХ) предполагает установку на кустовой площадке и предназначена для приема, хранения и дозированного ввода химических реагентов в сырьевые трубопроводы и другие технологические установки нефтегазодобывающих предприятий.

Для хранения запасов химического реагента в блоке УДХ установлена технологическая емкость.

Закачка химического реагента в емкость осуществляется по средствам насоса закачки.

Измерение уровня реагента в емкости производится при помощи датчика уровня LT-01, имеющий унифицированный выходной сигнал 4-20 мА.

Контроль предельного верхнего уровня реагента в емкости производится при помощи датчика уровня LA-02, имеющий дискретный выходной сигнал.

Контроль предельного нижнего уровня реагента в емкости производится при помощи датчика уровня LA-03, имеющий дискретный выходной сигнал.

Измерение давления реагента на выходе насосов НД-1 и НД-2 производится датчиками давления РТ-05 и РТ-06 соответственно. Оба датчика имеют унифицированный выходной сигнал 4-20 мА.

Измерение расхода реагента на линии насосов НД-1 и НД-2 производится при помощи датчика-расходомера FT-07 и FT-08 соответственно. Оба датчика имеют унифицированный выходной сигнал 4-20 мА.

Запуск и остановка насоса НД-1 осуществляется по месту с кнопочного поста управления, либо дистанционно средствами SCADA-системы через блок релейного управления путем подачи управляющего воздействия на магнитный пускатель. При включении НД-1 в шкафу ШСР происходит включение светового индикатора НЛ-2.

Регулирование расхода реагента производится при помощи SCADA-системы, в которой задается требуемое значение расхода реагента, с которым

производится сравнение измеренного расхода реагента, и в зависимости от полученного результата сравнения на частотный преобразователь подается соответствующее управляющее воздействие, на увеличение или уменьшение частоты питающего напряжения.

2.2 Выбор архитектуры АС

В основе разработки архитектуры пользовательского интерфейса проекта АС лежит ее профиль. Под профилем понимается набор стандартов, ориентированных на выполнение конкретной задачи. Основными целями применения профилей являются:

- Снижение трудоемкости АС;
- Повышения качества оборудования АС;
- Возможность масштабирования разрабатываемой АС;
- Функциональная интеграция АС.

Профили АС включают в себя следующие группы:

- Профиль прикладного ПО;
- Профиль среды АС;
- Профиль защиты;
- Профиль инструментальных средств АС.

Для разработки автоматизированной системы управления будем использовать следующее:

- Прикладное программное обеспечение: TIA Portal (SCADA система);
- Среда разработки: ОС Windows 7;
- Защита информации: стандартные средства Windows.

2.3 Разработка структурной схемы АС

Объектом управления является блок дозирования химического реагента. В емкости осуществляется замер уровня химического реагента, температуры, а в трубопроводах - давления на линии нагнетания насосного агрегата. Исполнительным устройством являются клапаны с электроприводом и насосы с электродвигателем.

Спецификация каждой конкретной системы управления определяется используемой на каждом уровне программно-аппаратной платформой. Трехуровневая структура АС приведена в альбоме схем (Приложение Г).

Нижний уровень (полевой) состоит из первичных датчиков: два датчика температуры, два датчика давления с индикацией и регистрацией, датчика уровня, два датчика расхода и исполнительных устройств (клапанов с электроприводом, насос).

Средний уровень (контроллерный) состоит из основного и резервного контроллеров.

Верхний уровень (информационно-вычислительный) состоит из коммутатора, а так же компьютеров и серверов баз данных, объединенных в локальную сеть Ethernet с использованием в качестве передающей среды медной витой пары или оптоволокну.

С нижнего уровня полевые датчики передают информацию на средний уровень (ПЛК), который выполняет следующие задачи:

- Сбор, обработку и хранение информации о состоянии и параметрах технологического процесса;
- Выполняет автоматизированное управление технологическим процессом;
- Выполняет команды которые поступают с пункта управления;
- Обмен информацией с пунктами управления;
- Обрабатывает данные и масштабирует;
- Поддерживает единое время всей системы.

Диспетчерский пункт состоит из нескольких станций управления, которыми являются компьютеры оператора АСУ. Так же здесь установлен сервер баз данных. На компьютерных экранах оператора отображаются технологические процессы и оперативное управление.

Все аппаратные средства системы управления объединены между собой каналами связи. На нижнем уровне контроллер взаимодействует с полевыми датчиками и исполнительными устройствами, используя каналы связи 4...20 мА.

По средствам локальной сети Ethernet взаимодействуют контроллеры среднего уровня, коммутатор верхнего уровня и компьютеры оператора АСУ.

2.4 Разработка функциональной схемы автоматизации

На функциональной схеме автоматизации отображаются основные технические решения, применяемые в процессе проектирования автоматизированных систем управления технологическими процессами. основное и вспомогательное оборудование вместе с встроенными в него регулирующими и запорными органами в данных системах является объектом управления.

Функциональная схема – это технический документ, который определяет функционально блочную структуру контуров управления технологическим процессом. Также на функциональной схеме автоматизации отображаются приборы и средства автоматизации, которыми оснащен объект управления.

Все элементы системы управления показываются в виде условных изображений и объединяются в единую систему линиями функциональной связи. Функциональная схема автоматического контроля и управления содержит упрощенное изображение технологической системы автоматизируемого процесса. Оборудование на схеме показывается в виде условных изображений.[3]

В процессе разработки функциональной схемы автоматизации решаются следующие задачи:










- Получение первичной информации о состоянии оборудования и технологического процесса;
- Регистрация и контроль технологических параметров процессов и контроль состояния технологического оборудования;
- Непосредственное воздействие технологический процесс для управления им и стабилизации технологических параметров процесса.

Функциональная схема автоматизации в данной работе разрабатывается по ГОСТ 21.208-2013 и ANSI/ISA-5.1-2009.

В приложении А приведена функциональная схема автоматизации системы дозирования химического реагента, разработанная по ГОСТ 21.208-2013.

В приложении Б приведена функциональная схема автоматизации системы дозирования химического реагента, разработанная по ANSI/ISA-5.1-2009.

На функциональной схеме приведены следующие обозначения:

- 1)  Прибор для измерения температуры бесшкальный с дистанционной передачей показаний, установленный по месту;
- 2)  Первичный измерительный преобразователь (чувствительный элемент) для измерения уровня, установленный по месту;
- 3)  Прибор для измерения давления бесшкальный с дистанционной передачей показаний, установленный по месту;
- 4)  Прибор для измерения уровня бесшкальный, с дистанционной передачей показаний, установленный по месту;
- 5)  Прибор для измерения уровня показывающий, установленный по месту;
- 6)  Прибор для управления приводом задвижек, установленный по месту;
- 7)  Аппаратура, предназначенная для ручного, дистанционного управления, установленная по месту;
- 8)  Прибор для измерения расхода бесшкальный с дистанционной передачей показаний, установленный по месту;
- 9)  Оборудование для управления расходом хим. реагента, установленное удаленно.

2.5 Разработка схемы информационных потоков

Схема информационных потоков, которая приведена в альбоме схем (приложение Д), включает в себя три уровня сбора и хранения информации:

- Нижний уровень (уровень сбора и обработки);
- Средний уровень (уровень текущего хранения);
- Верхний уровень (уровень архивного хранения).

На нижнем уровне представляются данные физических устройств входа/выхода. Они включают в себя данные аналоговых и дискретных сигналов, данные о вычислении и преобразовании.

Средний уровень представляет собой буферную базу данных которая является как приемником, запрашивающим данные от внешних систем, так и их источником. Другими словами она выполняет роль маршрутизатора информационных потоков от систем автоматики к графическим экранным формам АРМ-приложений. На этом уровне из полученных данных ПЛК формирует пакетные потоки информации. Сигналы между контроллерами и контроллером верхнего уровня и АРМ оператора передаются по протоколу Ethernet.

Верхний уровень представлен рабочей станцией на базе АРМ оператора и базой данных АСУ ТП. На мониторе АРМ оператора отображаются информационные и управляющие элементы АС, а так же автоматически формируются различные виды отчетов, все отчеты формируются в формате XML. Генерация отчетов выполняется по следующим расписаниям:

- Каждый четный/нечетный час;
- Каждые сутки;
- Каждый месяц;
- По требованию оператора.

Отчеты формируются по заданным шаблонам:

- Сводка по текущему состоянию оборудования;
- Сводка текущих измерений.

Параметры, передаваемые в локальную вычислительную сеть в формате стандарта OPC, включают в себя:

Уровень реагента в емкости, мм;

- Предельно верхний уровень реагента в емкости;

- Предельный нижний уровень реагента в емкости;
- Температура реагента в емкости, °С;
- Давление на выходе НД-1, МПа;
- Давление на выходе НД-2, МПа;
- Расход реагента на линии НД-1, л/ч;
- Расход реагента на линии НД-2, л/ч;
- Запуск насоса закачки;
- Остановка насоса закачки;
- Запуск НД-1;
- Остановка НД-1;
- Запуск НД-2;
- Остановка НД-2;
- Насос закачки запущен;
- НД-1 запущен;
- НД-2 запущен;
- Пуск регулирования НД-1;
- Стоп регулирования НД-1;
- Частота больше НД-1;
- Частота меньше НД-1;
- Пуск регулирования НД-2;
- Стоп регулирования НД-2;
- Частота больше НД-2;
- Частота меньше НД-2.

Каждый элемент контроля и управления имеет свой идентификатор (тег), состоящий из символьной строки. Структура шифра имеет следующий вид:

AAAA_BBB_CCCC,

Где

- 1) AAAA - параметр, состоящий из 4-х символов, который принимает следующие значения:

LEVL(level) – уровень;

TEMP(temperature) – температура;

PRES(pressure) – давление;

CONS(consumption) – расход;

STAR – старт;

STOP – стоп;

FREQ(frequency) – частота;

NORM – состояние включенного оборудования.

- 2) BBB – код технологического аппарата/объекта, содержащий 3 символа:

MAX(maximum) – максимум;

MIN(minimum) – минимум;

HIM – химический раствор;

RUN – запустить;

REG(regulation) – регулировать;

MOR(more) – больше;

LES(less) – меньше.

- 3) CCC – уточнение, включающее не более 5 символов:

EMK – технологическая емкость;

NZ1 – насос заправки;

ND1 – насос дозирования 1;

ND2 – насос дозирования 2.

Знак подчеркивания _ в данном представлении служит для отделения одной части идентификатора от другой и не несет в себе какого-либо другого смысла.

Перечень входных и выходных сигналов приведен в альбоме схем (Приложение Е).

Кодировка всех сигналов в SCADA-системе представлена в таблице 1.

Таблица 1 - Кодировка сигналов в SCADA-системе.

Кодировка	Расшифровка кодирования
LEVL_MAX_EMK	Верхний уровень в емкости
LEVL_MIN_EMK	Нижний уровень в емкости
TEMP_HIM_EMK	Температура реагента в емкости
LEVL_HIM_EMK	Уровень реагента в емкости
CONS_HIM_ND1	Расход реагента по линии НД-1
CONS_HIM_ND2	Расход реагента по линии НД-2
PRES_HIM_ND1	Давление реагента на выходе НД-1
PRES_HIM_ND2	Давление реагента на выходе НД-2
STAR_RUN_NZ1	Запуск насоса закачки
STOP_RUN_NZ1	Остановка насоса закачки
STAR_RUN_ND1	Запуск НД-1
STOP_RUN_ND1	Остановка НД-1
STAR_RUN_ND2	Запуск НД-2
STOP_RUN_ND2	Остановка НД-2
NORM_RUN_NZ1	Насос закачки запущен
NORM_RUN_ND1	Запущен НД-1
NORM_RUN_ND2	Запущен НД-2
STAR_REG_ND1	Пуск регулирования НД-1
STOP_REG_ND1	Стоп регулирования НД-1
FREQ_MOR_ND1	Частота больше НД-1
FREQ_LES_ND1	Частота меньше НД-1
STAR_REG_ND2	Пуск регулирования НД-2
STOP_REG_ND2	Стоп регулирования НД-2
FREQ_MOR_ND2	Частота больше НД-2
FREQ_LES_ND2	Частота меньше НД-2

3. Выбор средств реализации

3.1 Выбор контроллерного оборудования

В процессе выбора контроллерного оборудования были рассмотрены 2 вида ПЛК: Siemens SIMATIC S7-300 и Modicon M340.

В таблице 2 представлены технические характеристики двух ПЛК: Siemens SIMATIC S7-300 и Modicon M340.

Таблица 2 - Технические характеристики Siemens SIMATIC S7-300, Modicon M340.

Технические характеристики	Siemens SIMATIC S7-300	Modicon M340
Процессор	313C	Intel Industrial Celeron 2,3 GHZ
Память (RAM)	64 Кбайт	64 Кбайт
Количество каналов ввода-вывода	256	64
Время цикла	От 0,15 мс	4 мс
Тип интерфейса	RS485, Profibus, Ethernet, MPI, Modbus	Ethernet,
Напряжение питания	24 В	24 В
Потребляемая мощность	3,5 Вт	3,5 Вт
Диапазон рабочей температуры	-40..+70 °C	0..+60°C
Степень защиты	IP65	IP20

В результате технико-экономического анализа был выбран ПЛК Siemens SIMATIC S7-300 (Рисунок 1).

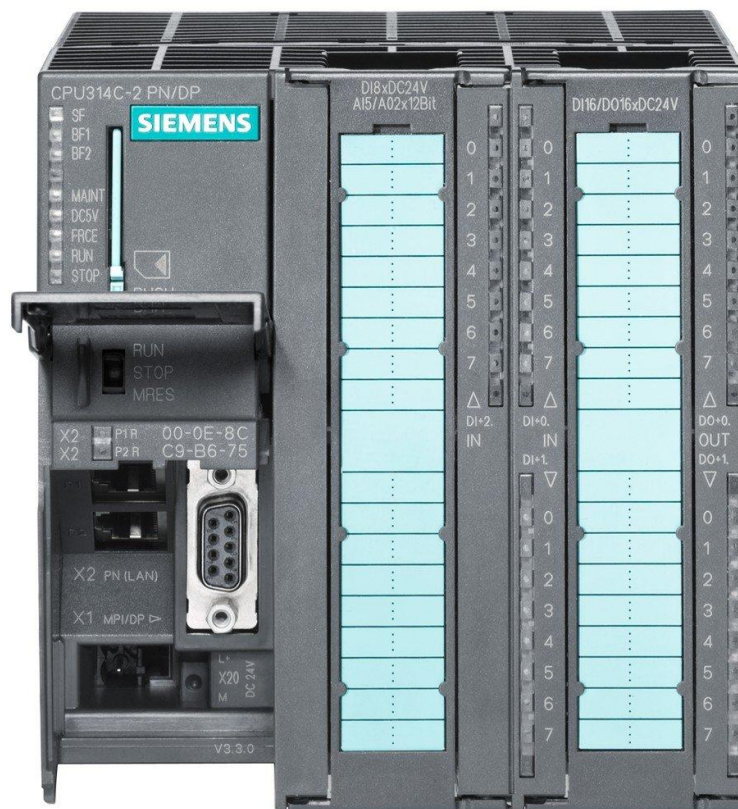


Рисунок 1 - Siemens SIMATIC S7-300

Программируемый логический контроллер Siemens SIMATIC S7-300 – предназначен для построения систем автоматизации низкой и средней степени сложности. Модульная конструкция контроллера S7-300, работа с естественным охлаждением, возможность применения структур локального и распределенного ввода-вывода, широкие коммуникационные возможности, множество функций, поддерживаемых на уровне операционной системы, высокое удобство эксплуатации и обслуживания обеспечивают возможность получения оптимальных решений для построения систем автоматического управления технологическими процессами в различных областях промышленного производства. [6]

Возможности контроллера:

- Высокое быстродействие и поддержка математических операций для эффективной обработки данных;
- Удобная настройка параметров с общими инструментами для всех модулей контроллера;

- Непрерывный мониторинг системы для выявления ошибок и отказов с помощью диагностических функций, встроенных в операционную систему;
- Журнал диагностических сообщений с метками даты и времени;
- Автоматический обмен данными между операционной системой контроллера и приборами.

На рисунке 2 представлена конфигурация ПЛК.

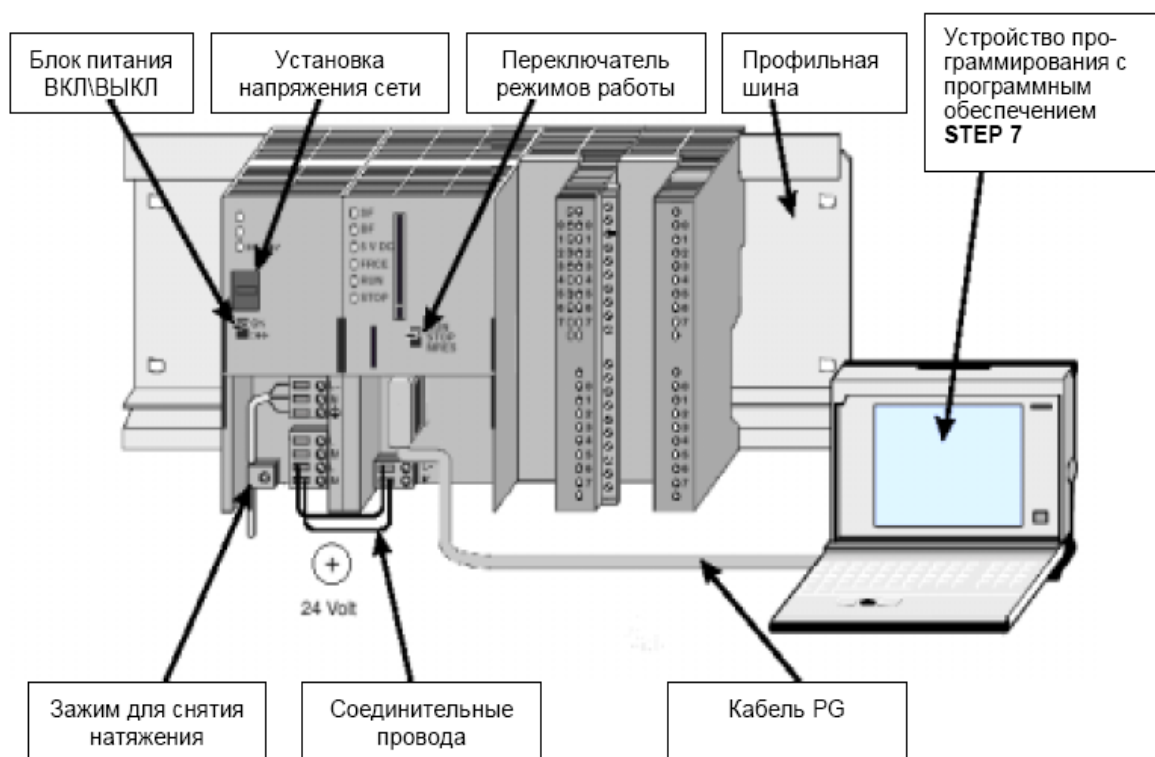


Рисунок 2 - конфигурация ПЛК

Возможная схема подключения контроллера Siemens SIMATIC S7-300 представлена на рисунке 3.

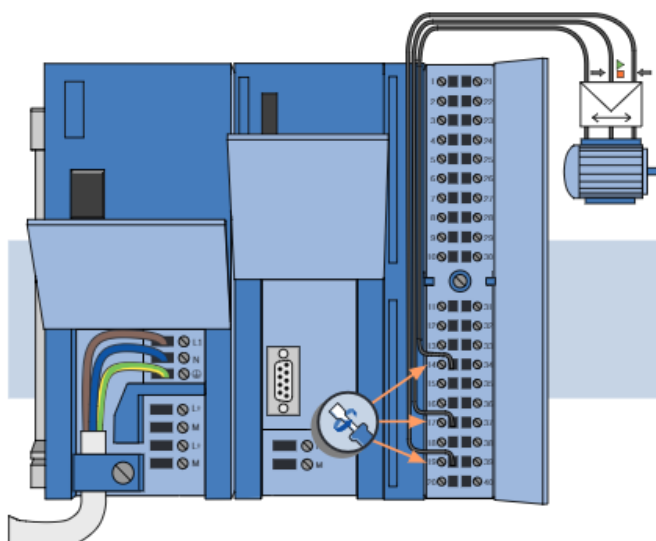


Рисунок 3 - Возможная схема подключения контроллера Siemens
SIMATIC S7-300

3.2 Выбор датчиков

3.2.1 Выбор датчика температуры

В процессе выбора оборудования для измерения температуры реагентов в емкости УДХ, были выделены три датчика температуры: МСТУ Метран-274, Omron ESIC, Метран-288. По технико-экономическим показателям, интеллектуального преобразования температуры и работы с агрессивными средами, был выбран датчик Метран-288 (рисунок 4) .

В таблице 3 приведены характеристики датчика Метран-288.

Таблица 3 – Технические характеристики датчика Метран-288.

Технические характеристики	Метран-288
Измерение среды	Температура твердых поверхностей/жидкостей
Диапазон измерения	-50.. <u>500</u> °C
Погрешность измерений	±0,4%
Выходной сигнал	4-20 мА
Диапазон температур окружающей среды	-50.. <u>1200</u> °C
Степень защиты по ГОСТ 14254	IP65



Рисунок 4 - датчик температуры Метран-288

Габаритные и присоединительные размеры, а также схема подключения приведена на рисунке 5 и 6.

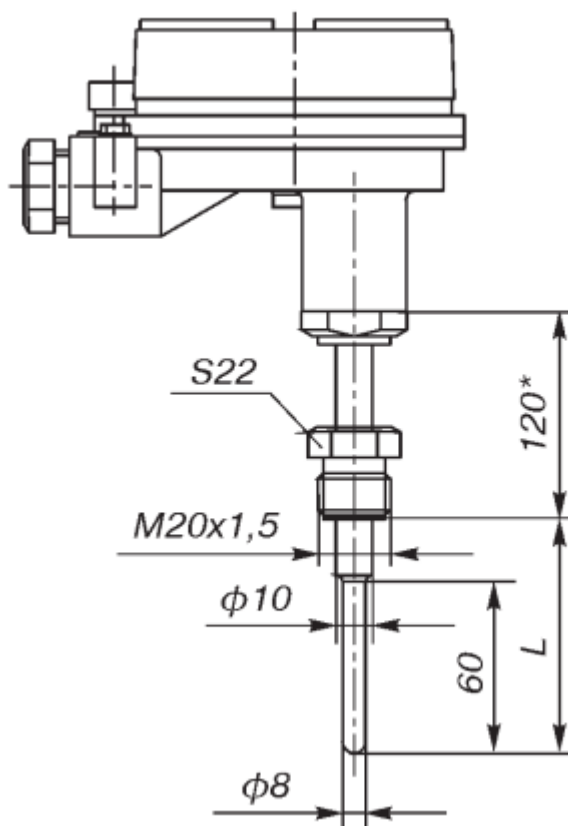


Рисунок 5 - Габаритные и присоединительные размеры Метран-288

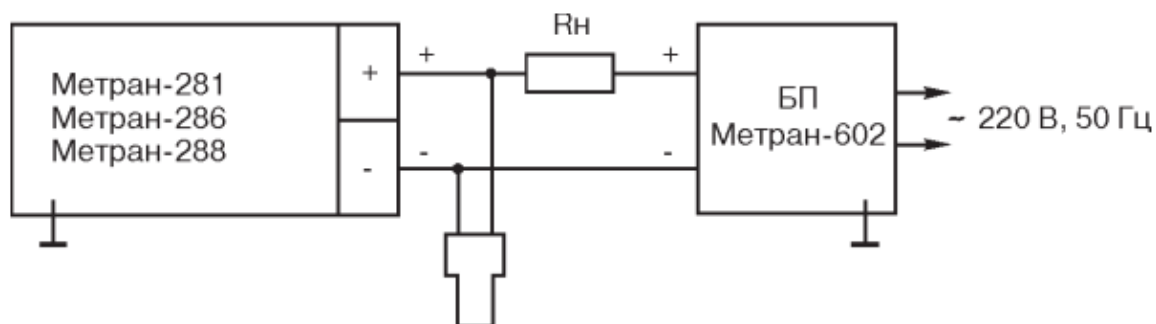


Рисунок 6 – Схема подключения датчика температуры Метран-288

Для подключения коммутационных проводов к датчику температуры с выходным сигналом 4...20мА необходимо:

- Открутить крышку датчика;
- Снять нормирующий преобразователь;
- К клеммам 3 и 4 подключить коммутационные провода. Провод подключенный к клемме 4 подключить ко входу «-» (минус)

измерительного прибора, а к клемме 3 подключить к минусу источника питания, плюс источника питания подключить ко входу «+» измерительного прибора.

Принцип работы датчика:

Управление датчиком осуществляется дистанционно с помощью управляющих устройств, связь управляющих устройств осуществляется по аналоговому каналу – передачей информации об измеряемой температуре в виде постоянного тока 4-20мА. Принцип работы этого датчика основан на том, что в замкнутых контурах проводников возникает электрический ток. Для измерения температуры, один конец термопары помещают в среду измерения, а другой служит для снятия значений.

3.2.2 Выбор уровнемера

В процессе выбора оборудования для измерения уровня химического реагента в резервуаре, были отмечены два уровнемера: отечественный ПМП-062 и Rosemount 3300. В результате технико-экономических характеристик, приспособленности к агрессивным средам, невосприимчивости к окружающим факторам (температуре, давлению и т.д.), более дешевый, был выбран датчик уровня Rosemount 3300 (рисунок 7).

В таблице 4 приведены характеристики уровнемеров.

Таблица 4 - Технические характеристики уровнемера Rosemount 3300.

Техническая характеристика	Rosemount 3300
Диапазон измерений	От 230 до 5000мм
Погрешность измерений	±15%
Выходной сигнал	4-20 мА/HART
Диапазон рабочих температур измеряемой среды	-60...+125°C

Диапазон температур окружающей среды	рабочих	-40...+85°C
Степень защиты датчиков от воздействия пыли и воды	защиты	IP65



Рисунок 7 - уровнемер Rosemount 3300

Датчики могут быть использованы в составе систем контроля и регулирования уровня жидкости в различных резервуарах. Датчик изготавливается из коррозионностойкой стали 12Х18Н10Т и выпускаются в различных модификациях, отличающихся диапазоном измерения уровня (от 250 до 2000мм).

Принцип работы датчика.

Магнитный поплавковый уровнемер конструктивно состоит из измерительного стержня и магнитного поплавка, перемещающегося вдоль стержня. Внутри стержня установлены герконы с шагом 10 мм на 1 геркон. При изменении вертикального положения поплавка, изменяется выходное сопротивление датчика, которое обрабатывается измерительной схемой и преобразуется в унифицированный токовый сигнал 4...20мА. Таким образом, выходной сигнал аналогового уровнемера прямо пропорционален уровню жидкости.

Габаритные и установочные размеры, а так же схема подключения, показаны на рисунках 8 и 9.

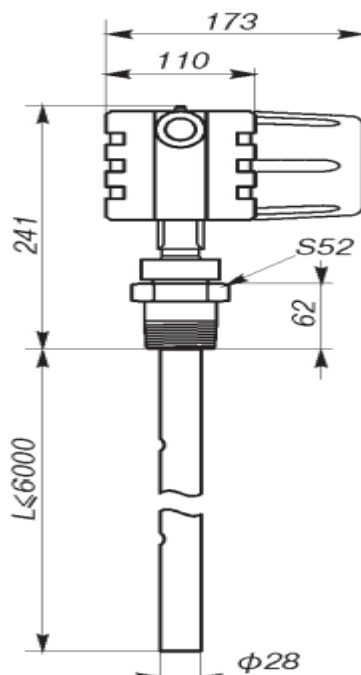


Рисунок 8 – габаритные и установочные размеры Rosemount 3300

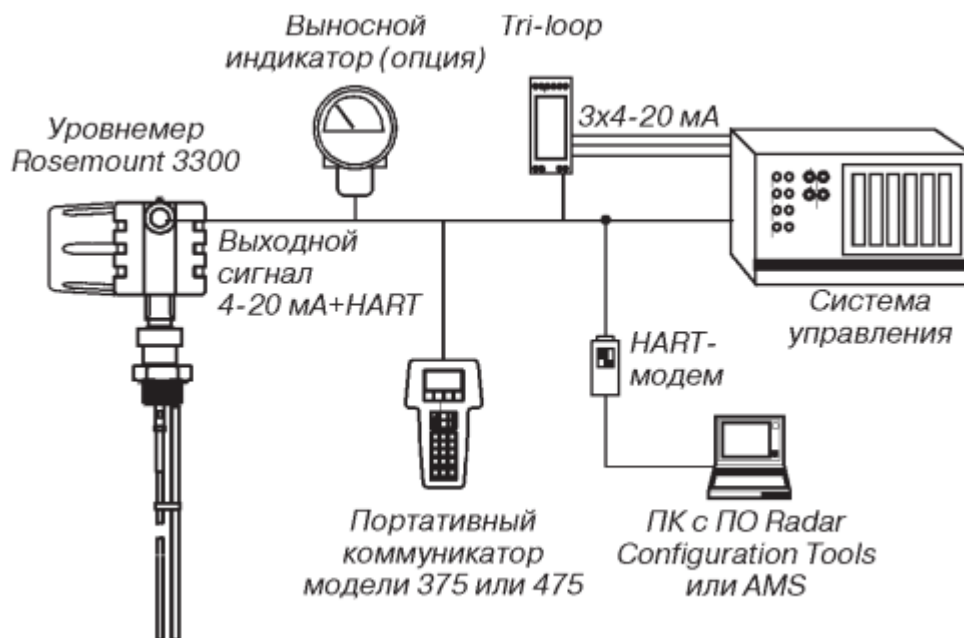


Рисунок 9 – Схема подключения Rosemount 3300

Также был выбран указатель уровня ULB-T со смотровым окном с цилиндрическим корпусом, корпус которого выполнен в виде трубы большого внутреннего диаметра.

Основные технические характеристики представлены в таблице 5.

Таблица 5 - Технические характеристики Rosemount 3300.

Технические данные	Значения, диапазон
Длина	От 500 до 6500мм
Визуальный диапазон	Длина - 200мм
Номинальное давление	≤ 4 МПа
Рабочая температура	-20 ...+250 ^{°C}
Материал, контактирующий с измеряемой средой	Сталь 20, 304,316
Материал, не контактирующий с измеряемой средой	Обычная углеродистая сталь
Подводящие фланцы	По стандартам WN: HG/T20592-2009

На рисунке 10 изображен указатель уровня ULD-T.

Рисунок 10 - указатель уровня ULD-T

3.2.3 Выбор сигнализаторов уровня

Для контроля предельных значений уровня химического реагента в резервуаре, устанавливаются сигнализаторы предельного верхнего и нижнего уровня. Данные сигналы используются для автоматического включения и отключения дозирующих насосов.

В результате выбора для сигнализации уровня жидкости будет использоваться поплавковый магнитный датчик ОВЕН САУ-М6. Данный датчик хорошо функционирует в химических агрессивных средах, а так же в технологических ёмкостях под избыточным давлением до 30 бар и с высокой температурой до +200^{°C}.

Технические характеристики представлены в таблице 6.

Таблица 6 - Технические характеристики ОВЕН САУ-М6.

Параметр	Значение
Материал датчика	Нержавеющая сталь
Максимальная мощность	6 Ватт
Напряжение	220 В, 50 Гц
Температура контролируемой среды	-20...+120°C
Установка	Вертикальная

На рисунке 11 представлен сигнализатор уровня ОВЕН САУ-М6.



Рисунок 11 - сигнализатор уровня ОВЕН САУ-М6

Контроль уровня химического реагента осуществляется при помощи кондуктометрических датчиков (зондов), которые устанавливаются показателем на заданных условиях технологического процесса. Для визуального контроля за уровнем жидкости на лицевой панели прибора служат три светодиодных индикатора, засветка каждого из которых происходит при получении сигнала от соответствующего датчика.

Для управления технологическим оборудованием прибор оснащен тремя встроенными электромагнитными реле, каждое из которых связано с датчиком уровня и срабатывает при заполнении или осушении соответствующего датчика. [11]

Функциональная схема и схема подключения прибора изображены на рисунках 12 и 13.

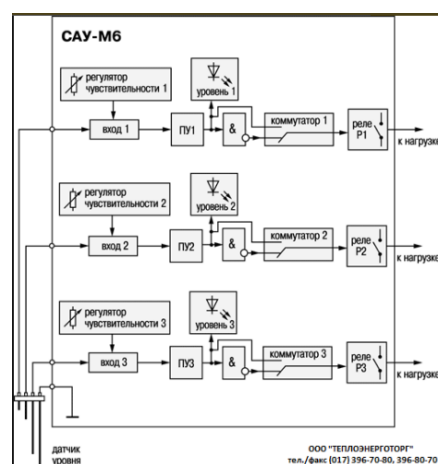
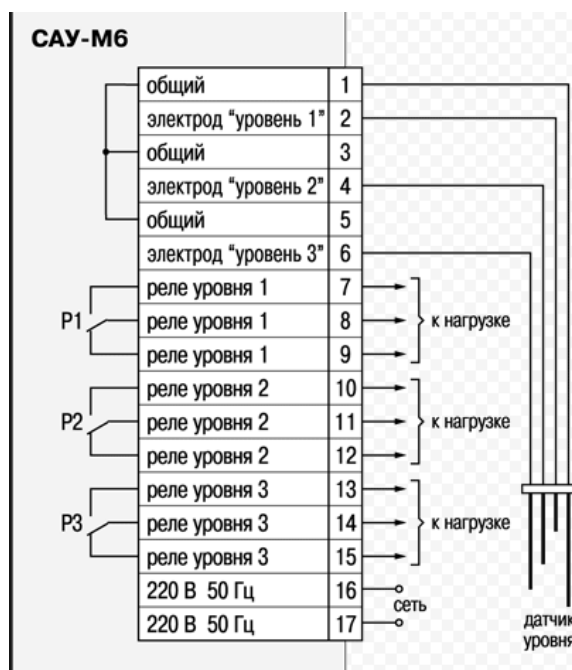


Рисунок 12 - Функциональная схема прибора ОВЕН САУ-М6



3.2.4 Выбор датчика давления

Выбор манометра проходил из следующих вариантов приборов: МЕТРАН 150 – CG, МЕТРАН – 55 –ДИ – Ex, United Electric Ex-120. По технико-экономическим характеристикам был выбран датчик давления МЕТРАН 150 (рисунок 14), так как он имеет унифицированный сигнал постоянного тока 4 ... 20 мА, и подходит для работы с агрессивными средами.

Технические характеристики данного датчика представлены в таблице 7.

Таблица 7 - Технические характеристики МЕТРАН 150 - CG.

Технические характеристики	МЕТРАН 150 - CG
Измеряемые среды	Газ, нефть, вода
Диапазон измерений	От 10 кПа до 10МПа
Погрешность приборов	$\pm 0,075\%$
Диапазон рабочих температур измеряемой среды	$-50...+100^{\circ}\text{C}$
Степень защиты по ГОСТ 14254	IP65



Рисунок 14 - датчик давления МЕТРАН 150

Датчик предназначен для преобразования давления рабочих сред: жидкости, пара, газа в унифицированный токовый сигнал.

Датчик имеет атомное исполнение и атомное взрывозащищенное исполнение. Взрывозащищенные датчики имеют вид взрывозащиты «искробезопасная электрическая цепь» и соответствуют требованиям ГОСТ 30852.0, ГОСТ 30852.10 и выполняются с видом взрывозащиты «особовзрывобезопасный» с маркировкой по взрывозащите – 0ExiaПСТ5 X.[10]

Установочные и присоединительные размеры датчика и схема подключения Метран-150 приведены на рисунке 15 и 16.

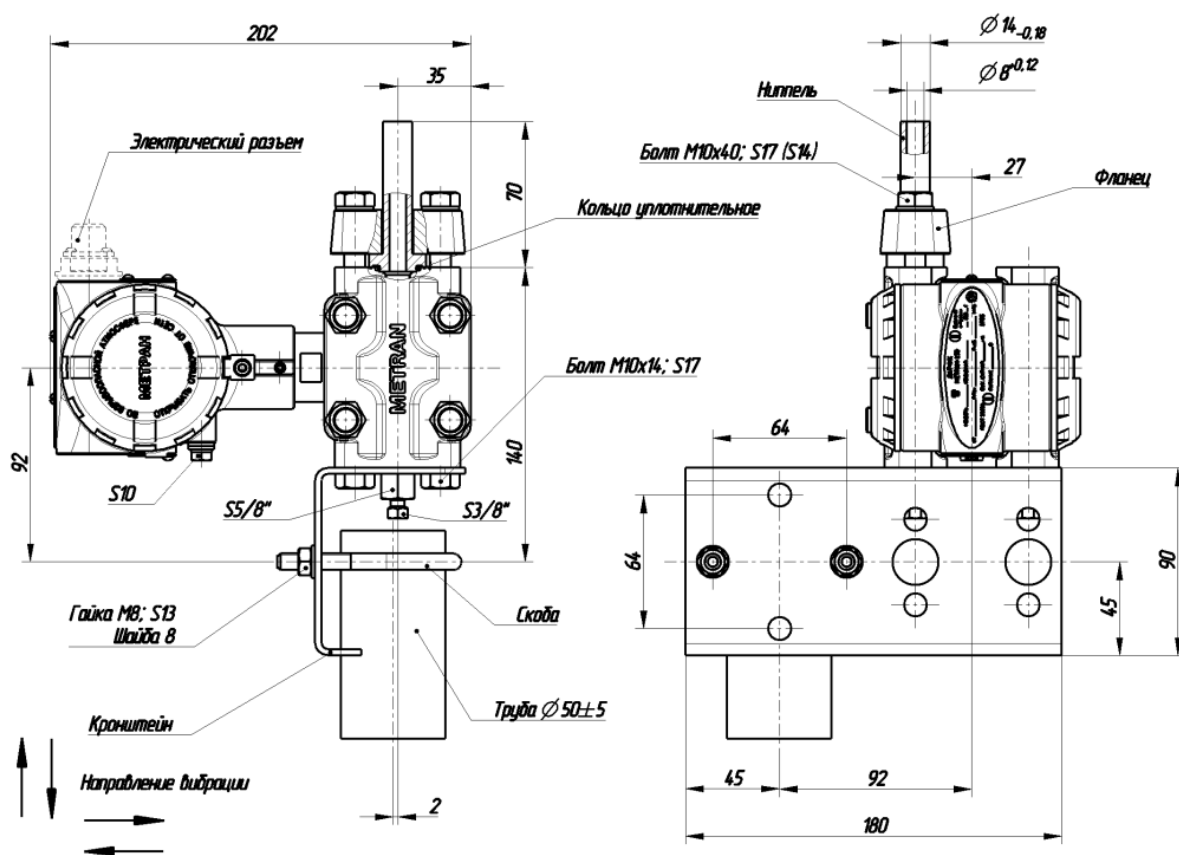


Рисунок 15 - Установочные и присоединительные размеры датчика Метран-150

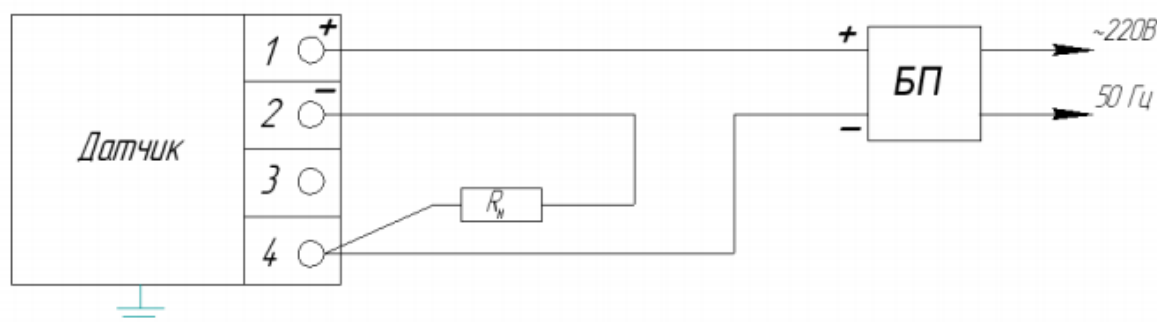


Рисунок 16 – Схема подключения датчика Метран-150 (4...20 мА.)

3.2.5 Выбор расходомера

В ходе работы установки, необходимо измерять объем расхода химического реагента который был закачен в технологический нефтепровод. В процессе выбора расходомеров, по технико-экономическим характеристикам был выбран электромагнитный расходомер МЕТРАН-370 рисунок 17.

Расходомеры предназначены для измерения объемного расхода электропроводящих жидкостей, пульп и суспензий, имеющих минимальную электропроводность $5 \cdot 10^{-4}$ См/м.

Расходомеры предназначены для работы во взрывобезопасных и взрывоопасных зонах помещений и наружных установок согласно Ех-маркировке по ГОСТ ИЕС 60079-14, регламентирующих применение электрооборудования во взрывоопасных пылевых и газовых средах.

Расходомеры состоят из следующих частей:

- Датчик расхода Метран-371;
- Измерительного преобразователя 8732Е.[9]



Рисунок 17 - МЕТРАН-370

Конструкция расходомера приведена на рисунке 18.

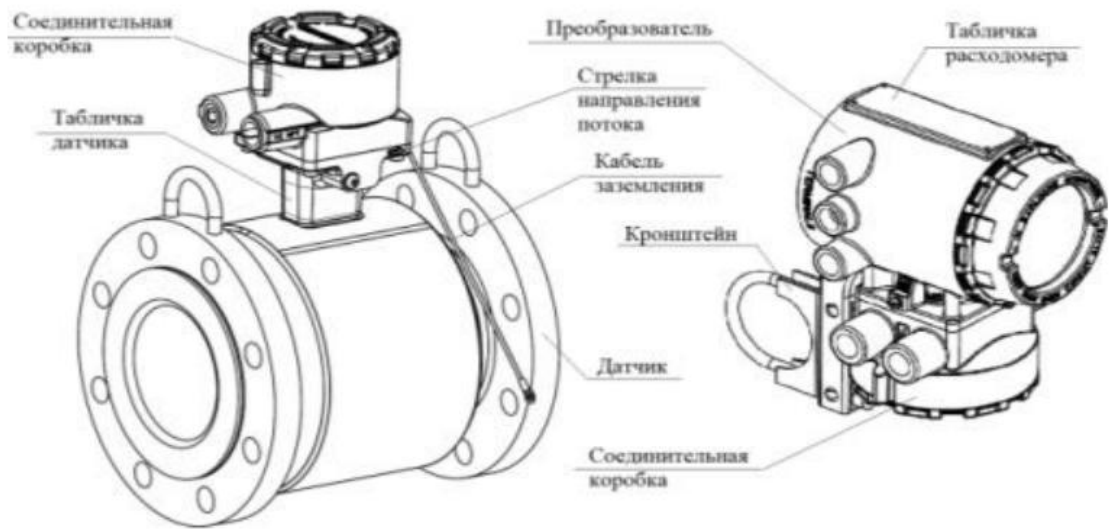


Рисунок 18 – Конструкция расходомера (при удаленном монтаже преобразователя)

Основные преимущества прибора:

- Интегральная конструкция расходомера исключает потребность в импульсных линиях и дополнительных устройствах, сокращается количество потенциальных мест утечек среды;
- Безвозвратные потери давления в трубопроводе сокращают затраты на электроэнергию;
- Экономичная установка расходомера и менее трудоемка по сравнению с установкой измерительного комплекса на базе стандартной диафрагмы.

Принцип работы расходомеров заключается в взаимодействии движущейся электропроводной жидкости с магнитным полем, подчиняющееся закону электромагнитной индукции.

Расходомер представляет собой прочную часть, изготовленную из не магнитного материала, покрытого внутри неэлектропроводной изоляцией и

помещенного между полюсами магнита или электромагнита (рисунок 19).

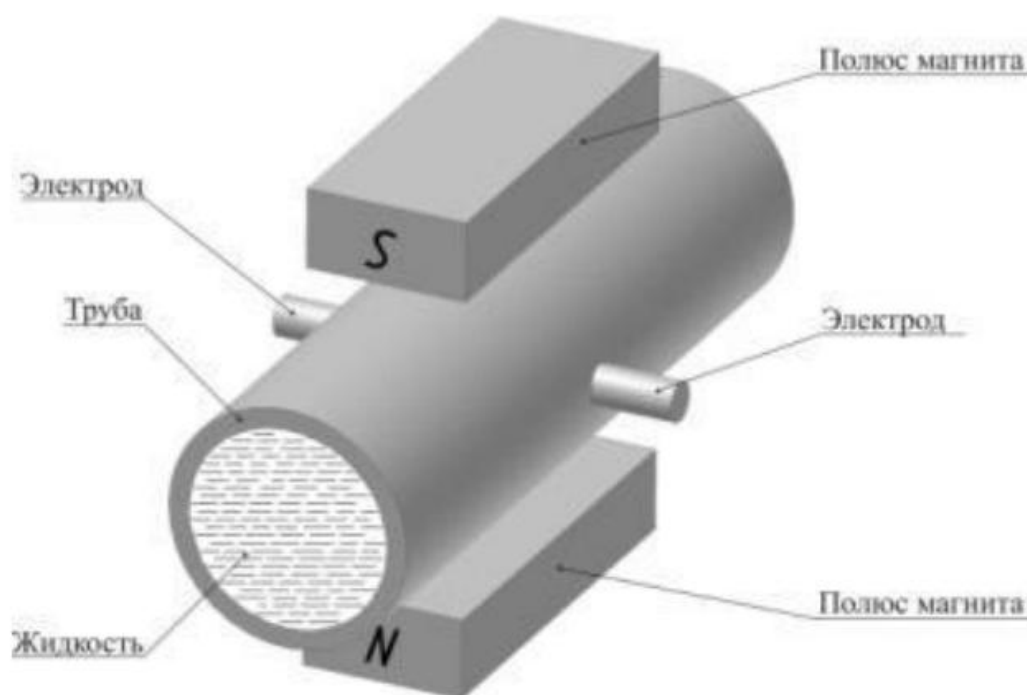


Рисунок 19 – Схема проточной части электромагнитного расходомера

Двух электродов, установленных внутри проточной части в направлении перпендикулярном как к направлению движения жидкости, так и к направлению силовых линий магнитного поля. Разность потенциалов E на электродах определяется уравнением:

$$E = B \cdot D \cdot V = \frac{4 \cdot B \cdot Q_0}{\pi \cdot D};$$

где B – магнитная индукция, Тл;

D – расстояние между концами электродов, м;

V – средняя скорость жидкости, м/с;

Q_0 – объемный расход жидкости, м³/с.

Измеряемая разница потенциалов E прямо пропорциональна объемному расходу Q_0 . Сигнал с электродов поступает в преобразователь, где усиливается и обрабатывается, после чего формируются выходные сигналы, несущие информацию о расходе.

Монтаж и установка расходомера: На трубопроводе, где планируется установить расходомер, необходимо смонтировать обходной трубопровод (байпас), для облегчения замены, очистки прибора.

При монтаже датчика на трубопровод, применим фланцевое соединение, которое требует наличие уплотнительных прокладок (рисунок 20).

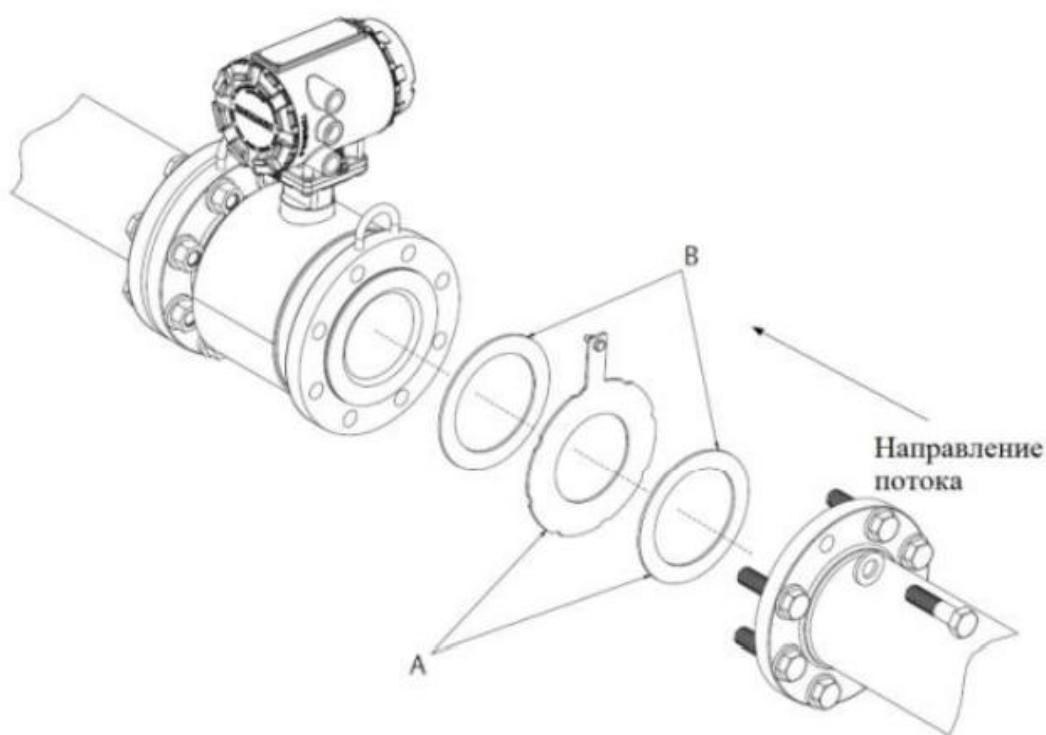


Рисунок 20 - монтаж фланцевого датчика

В случае наличия заземляющих колец уплотнительные прокладки ставятся с обеих сторон заземляющего кольца.

Материал уплотнительных прокладок должен быть подобран в соответствии с условиями эксплуатации (быть устойчивым по отношению к параметрам измеряемой среды). [9]

Так же рассматривались и другие средства измерения, такие как: Питерфлоу РС Ду100. В таблице 8 приведены технические характеристики данных измерительных устройств.

Таблица 8 - Технические характеристики МЕТРАН-370 и Питерфлоу РС Ду100.

Технические характеристики	МЕТРАН-370	Питерфлоу РС Ду100
Измеряемый расход, л/ч	0-100	0-72
Схема подключения	Двухпроводная	Двухпроводная
Давление среды не более, МПа	4	1,6
Напряжение питания, В	15 ... 42	220
Выходной сигнал, мА	4...20	4...20
Класс точности	0,5	0,5
Степень защиты по ГОСТ 14254	IP65	IP65

Температура окружающей среды	-40...+50°C	-10...+50°C
---------------------------------	-------------	-------------

3.3 Нормирование погрешности канала измерения

Нормирование погрешности канала измерения выполняется в соответствии с РМГ 62-2003 «Обеспечение эффективности измерений при управлении технологическими процессами. Оценивание погрешности измерений при ограниченной исходной информации ВНИИМС Госстандарта».

В качестве канала измерения выберем канал измерения расхода. Требование к погрешности канала измерения не более 1 %. Разрядность АЦП составляет 12 разрядов.

Расчет допустимой погрешности измерения расходомера производится по формуле

$$\delta_1 \leq \sqrt{\delta^2 - (\delta_2^2 + \delta_3^2 + \delta_4^2 + \delta_5^2 + \delta_6^2)},$$

где $\delta = 1\%$ – требуемая суммарная погрешность измерения канала измерений при доверительной вероятности 0,95;

δ_2 – погрешность передачи по каналу измерений;

δ_3 – погрешность, вносимая АЦП;

$\delta_4, \delta_5, \delta_6$ – дополнительные погрешности, вносимые соответственно окружающей температурой, температурой измеряемой среды,

Погрешность, вносимая десятиразрядным АЦП, рассчитывается следующим образом:

$$\delta_3 = \frac{1 \cdot 100}{2^{12}} = 0,02 \text{ \%}.$$

Погрешность передачи по каналу измерений устанавливается рекомендациями:

$$\delta_2 = \frac{1 \cdot 15}{100} = 0,15 \text{ \%}.$$

При расчете учитываются также дополнительные погрешности, вызванные влиянием:

- температуры окружающего воздуха;
- температуры измеряемой среды;
- электропроводностью измеряемой среды.

Дополнительная погрешность, вызванная температурой окружающего воздуха, устанавливается согласно рекомендации:

$$\delta_4 = \frac{1 \cdot 27}{100} = 0,27 \text{ \%}.$$

Дополнительная погрешность, вызванная температурой измеряемой среды, устанавливается согласно рекомендации :

$$\delta_5 = \frac{1 \cdot 27}{100} = 0,27 \text{ \%}.$$

Дополнительная погрешность, вызванная электропроводностью измеряемой среды, устанавливается согласно рекомендации:

$$\delta_6 = \frac{1 \cdot 8}{100} = 0,08 \text{ \%}.$$

Следовательно, допускаемая основная погрешность расходомера должна не превышать

$$\delta_1 \leq \sqrt{1 - (0,0225 + 0,0004 + 0,0729 + 0,0729 + 0,0064)} = 0,9.$$

В итоге видно, что основная погрешность выбранного датчика давления не превышает допустимой расчетной погрешности. Следовательно, прибор пригоден для использования.

3.4 Выбор исполнительных механизмов

3.4.1 Выбор клапана

В качестве исполнительных механизмов были выбраны клапаны с электроприводом и ручным управлением VFM2 рисунок 21.



Рисунок 21 – Клапан VFM2

Управление клапаном осуществляется дистанционно (электроприводом) или вручную (при помощи маховика). Регулирующее воздействие от исполнительного устройства должно изменять процесс в требуемом направлении для достижения поставленной задачи – стабилизация регулируемой величины. Технические характеристики клапана представлены в таблице 9.

Таблица 9 - Технические характеристики клапана VFM2.

Техническая характеристика	Значение
Условный проход Ду, мм	100
Пропускная способность K_v , м ³ /ч	630
Ход штока, мм	50
Динамический диапазон регулирования	Более 100 : 1
Характеристика регулирования	Логарифмическая
Коэффициент начала кавитации Z	0,3
Протечка через закрытый клапан, % от K_{vs}	0,03
Условное давление P_n , МПа	10
Макс. перепад давления для закрытия клапана $\Delta P_{\text{макс.}}$, МПа	5
Температура регулируемой среды T , °C	-40...150
Присоединение	Фланцевое
Корпус клапана и крышка	Серый чугун
Седло, золотник и шток	Нержавеющая сталь
Уплотнение сальника	EPDM

При монтаже клапана необходимо убедиться, что направление регулируемой среды совпадает с направлением стрелки на его корпусе. Так же необходимо предусмотреть достаточное пространство вокруг клапана с электроприводом для их демонтажа и обслуживания. Устройство клапана приведено на рисунке 22.

Устройство

1. Корпус клапана
2. Крышка клапана
3. Сальник
4. Шток
5. Золотник
6. Седло

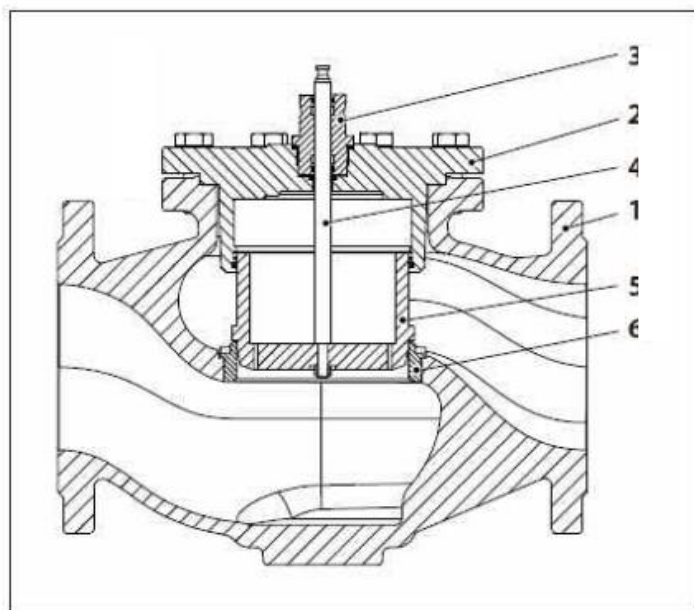


Рисунок 22 – Устройство клапана VFM2

Для управления клапана был выбран прямоходный привод SIPOS 5 Flash 2SB5 (рисунок 23).



Рисунок 23 - Прямоходный привод SIPOS 5 Flash 2SB5

Преимущества данного клапана:

- Низкий стартовый ток;
- Улучшенная защита арматуры;
- Легкое изменение скорости позиционирования;
- Предотвращения гидроудара;
- Точность управления
- Однофазное или трехфазное напряжение питания;
- Полная защита электродвигателя.

Редукторные электроприводы серии SIPOS предназначены для управления регулирующими клапанами под воздействием аналогового или импульсного 3-х позиционного управляющего сигнала электронных регуляторов. Мощность данного электропривода составляет 16,1 Ватт.

Технические характеристики привода представлены в таблице 10.

Таблица 10 - технические характеристики привода SIPOS 5 Flash 2SB5.

Технические характеристики	Значение
Сигнал управления	4...20мА.
Класс защиты	IP67
Тип двигателя	Асинхронный
Температурный диапазон	-20...+60°C
Сила тяги	90 Н

3.4.2 Выбор насоса

Для закачки в технологический нефтепровод химического реагента применяют насос-дозатор, который осуществляет непрерывное дозирование жидких деэмульгаторов и ингибиторов коррозии. А для заполнения технологической емкости реагентом и периодическом перемешивании, применяются мембранные насосы. [7]

В качестве насоса-дозатора и заполнения технологической емкости будем использовать насос K100-80-160 (рисунок 24), который способен нагнетать высокое давление при относительно небольших затратах электроэнергии. Технические характеристики представлены в таблице 11.



Рисунок 24 - K100-80-160

Таблица 11 - Технические характеристики насоса К100-80-160.

Технические характеристики	КРМ 50
Производительность, м ³ /ч	100
Потребляемая мощность, кВт	15
Напор, м	32
Напряжение сети, В	220
Частота вращения рабочего колеса, об/мин	1000
М _к , Н*м	60

Габаритные и присоединительные размеры насоса К100-80-160 представлены на рисунке 25.

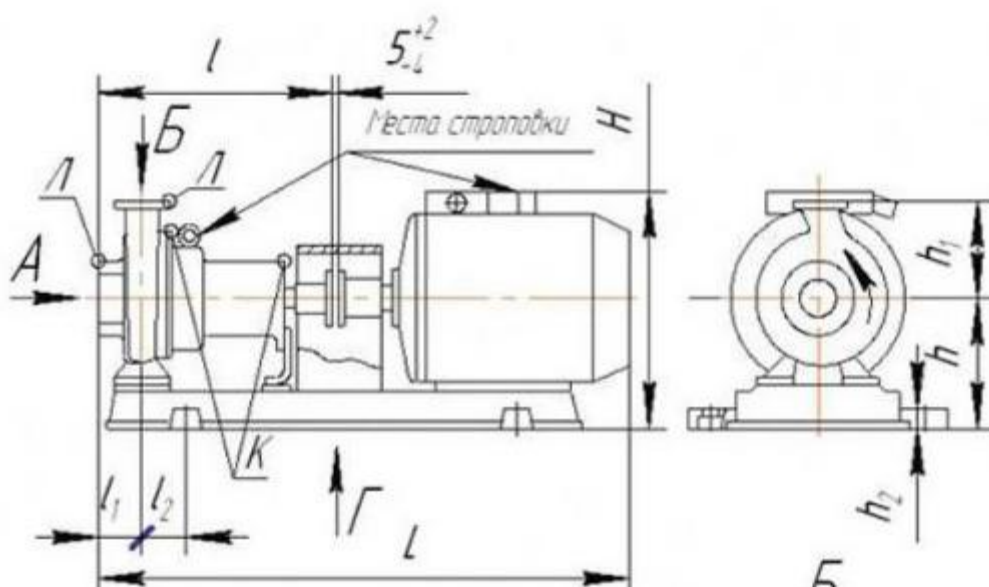


Рисунок 25 - Габаритные и присоединительные размеры насоса К100-80-160

Центробежный насос, горизонтальный, консольный, с сальниковым уплотнением. Корпус насоса крепится к фланцу опорного кронштейна. Соединение двигателя с насосом происходит через упругую муфту

3.4.3 Выбор частотного преобразователя

Для регулирования оборотами электродвигателя будем использовать преобразователь частоты. ПЧ генерирует трехфазное напряжение переменной частоты и амплитуды из однофазного или трехфазного напряжения с фиксированной частотой. Далее трехфазное напряжение выпрямляется с помощью диодного моста и конденсатора большой емкости. Напряжение постоянного тока в звене конвертируется в трехфазное напряжение изменяемой частотой и амплитуды. Во входной цепи электродвигателя для этой цели используются быстродействующие электронные ключи, так называемые IGBT транзисторы (биполярные транзисторы с изолированным затвором). Ключи подключают каждую фазу электродвигателя к положительной, либо к отрицательной шине. Продолжительность подачи напряжения и его полярность можно настроить очень точно, так, чтобы с помощью такой широтно - импульсной модуляции напряжения постоянного тока смоделировать требуемое синусоидальное напряжение.

По технико-экономическим характеристикам был выбран преобразователь частоты Siemens MICROMASTER 420 (рисунок 26).



Рисунок 26 - Siemens MICROMASTER 420

Характеристики данного преобразователя представлены в таблице 12.

Таблица 12 - Характеристики преобразователя Siemens
MICROMASTER 420.

Технические характеристики	Siemens MICROMASTER 420
Мощность	До 11 кВт
Напряжение сети	3А, 380...480В
Управление	Линейная, программируемая зависимость
Технический регулятор	Встроенный ПИ-регулятор
Цифровые и аналоговые входы	3 цифровых 1 аналоговый

3.5 Разработка схем соединения внешних проводов

Схема внешней проводки приведена в альбоме схем (приложение В). Первичные и вне щитовые приборы включают в себя датчики уровня жидкости, температуры в резервуаре химического реагента, датчики давления, расходомеры. Сигнал с данных приборов преобразуется в унифицированный токовый сигнал 4...20 мА.

Для передачи сигналов от уровнемера, датчика температуры, датчика давления, расходомеров, на щит КИПиА будем использовать кабель КВВГ по три провода, а для сигнализаторов – два провода.

КВВГ – это контрольный кабель с токопроводящей медной жилой, с ПВХ изоляцией, в ПВХ оболочке. Данный вид кабеля используется для передачи переменного тока напряжением до 660 В и 100 Гц или постоянного напряжения до 1000 В, при температуре окружающей среды от -50°С до +50°С. Медные токопроводящие жилы кабелей КВВГ выполнены однопроволочными. Изолированные жилы скручены. Кабель прокладывается в трубе диаметром 20 мм.[8]

3.6 Выбор алгоритмов управления АС (УДХ)

В автоматизированной системе на разных уровнях управления используются различные алгоритмы:

- Алгоритмы пуска (запуск/остановка) технологического оборудования (релейные пусковые схемы)(разрабатываются на ПЛК и SCADA-форме);
- Релейные или ПИД-алгоритмы автоматического регулирования технологическими параметрами технологического оборудования (управление положением рабочего органа) (реализуются по ПЛК);
- Алгоритмы управления сбором измерительных сигналов (алгоритмы в виде универсальных логических завершенных программных блоков, помещаемых в ППЗУ контроллеров) (реализуется на ПЛК);
- Алгоритмы централизованного управления АС (реализуется на ПЛК или SCADA-форме).

В данном курсовом проекте разработаны следующие алгоритмы АС:

- Алгоритм сбора данных;

3.6.1 Выбор алгоритмов управления АС (УДХ)

В качестве канала измерения выберем канал измерения расхода химического реагента. Для этого канала разработаем алгоритм сбора данных. Алгоритм сбора данных с канала измерения расхода химического реагента представлены в альбоме схем (Приложение Ж).

3.6.2 Алгоритм автоматического регулирования технологическими параметрами

В процессе работы УКПГ необходимо поддерживать количество химического реагента в трубопроводе, чтобы на стенках трубопровода не образовывались залежи парафина и солей. Поэтому в качестве регулируемого параметра технологического процесса выбираем изменения частоты переменного напряжения питания насосов дозирования, что в свою очередь ведет к изменению скорости вращения ротора двигателя и изменению объема перекачиваемого реагента. В качестве алгоритма регулирования будем использовать алгоритм ПИД регулирования, который позволяет обеспечить хорошее качество регулирования, достаточно малое время выхода на режим и невысокую чувствительность к внешним возмущениям. Структурная схема ПИД регулирования представлены в альбоме схем (Приложение 3).

Данная схема состоит из следующих основных элементов: элемента задания необходимого значения, ПИД-регулятора, преобразователя частоты (ПЧ), электродвигателя, задвижки, участка трубопровода и генератора возмущений.

Объектом управления является участок трубопровода между точкой измерения расхода и регулирующим органом. Длина этого участка определяется правилами установки датчика и регулирующих органов и составляет 4 метра. Динамика объекта управления $W(p)$, выраженная как отношение «расход вещества через насос дозирования» (объемный расход жидкости после насоса) к «расходу вещества через расходомер» (измеряемый объемный расход жидкости) приближенно описывается аperiodическим звеном первого порядка с чистым запаздыванием. Воспользовавшись типовой передаточной функцией трубопровода для схемы управления расхода, передаточная функция объекта регулирования в виде участка трубопровода будет:

$$W(p) = \frac{Q_k(p)}{Q(d)} = \frac{1}{Tp+1} e^{-\tau_0 p}, \quad T = \frac{2Lfc^2}{Q}, \quad \tau_0 = \frac{Lf}{Q}, \quad c = \frac{Q}{f} \sqrt{\frac{\rho}{2\Delta p}}, \quad f = \frac{\pi d^2}{4},$$

где $Q_k(p)$ – объемный расход жидкости после насоса;

$Q(p)$ – измеряемый объемный расход жидкости;

ρ – плотность жидкости;

L – Длина участка трубопровода между точкой измерения и точкой регулирования;

d – диаметр трубы;

f – площадь сечения трубы;

Δp – перепад давления на трубопроводе;

τ_0 – запаздывание;

T – постоянная времени.

Данные для объекта управления:

Плотность химического реагента не должна превышать 2000 кг/м³, объемный расход жидкости 0,8 м³/ч, длина участка трубопровода 4 м, диаметр трубы 20 мм, перепад давления на участке трубопровода 0,1 кгс/см².

Рассчитываем передаточную функцию объекта управления:

$$f = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi \cdot 0,02^2}{4} = 0,00032 \text{ м}^2,$$

$$c = \frac{Q}{f} \sqrt{\frac{\rho}{2\Delta p g}} = \frac{\frac{0,8}{3600}}{0,00032} \sqrt{\frac{2000}{2 \cdot 0,098 \cdot 0,1 \cdot 10^6}} = 0,13969 \text{ с},$$

$$T = \frac{2Lfc^2}{Q} = \frac{2 \cdot 4 \cdot 0,00032 \cdot 0,13969^2}{\frac{0,8}{3600}} = 0,225 \text{ с},$$

$$\tau_0 = \frac{Lf}{Q} = \frac{4 \cdot 0,00032}{\frac{0,8}{3600}} = 5,76 \text{ с},$$

$$W(p) = \frac{1}{Tp+1} e^{-\tau_0 p} = \frac{1}{0,255p+1} e^{-5,76p}.$$

Так как длина трубопровода имеет небольшую длину, задержка не учитывается.

Передаточная функция насосного агрегата.

Насос представляет собой апериодическое звено, преобразующее скорость вращения вала ω на входе в производительность насоса.

Исходя из технических характеристик насоса, рассчитаем коэффициент передачи и постоянную времени насоса.

Постоянную времени для насоса принимаем $T_H = 0,2$ с. Коэффициент передачи насоса определяется в статическом режиме как отношение номинальной производительности насоса Q_H к номинальной скорости электродвигателя насоса ω_H . Номинальная производительность $Q_H = 100$ м³/ч, (0,0276 м³/с); номинальная скорость $\omega_H = 1000$ об/мин, (104,7 рад/с).

$$k_H = \frac{Q_H}{\omega_H} = \frac{0,0276}{104,7} = 0,0000263,$$

$$W_H(s) = \frac{k_H}{T_H * s + 1} = \frac{0.0000263}{0.2 * s + 1},$$

где:

Q_H – номинальная производительность;

ω_H – номинальная скорость;

k_H – статический передаточный коэффициент насоса;

T_H – постоянная времени насоса.

Передаточная функция асинхронного электродвигателя

Асинхронный двигатель представляет собой апериодическое звено, преобразующее электрическую энергию в скорость вращения вала.

Исходя из технических характеристик АД (асинхронного двигателя), рассчитаем коэффициент передачи и постоянную времени АД.

Статический передаточный коэффициент двигателя определяется как отношение угловой скорости вращения двигателя ω к частоте питающей сети f . Номинальная частота питания $f_H = 50$ Гц. Постоянную времени двигателя примем равной $T_{дв} = 0,87$.

$$k_{дв} = \frac{\omega_{дв}}{f_H} = \frac{2 * 3,14 * 1000}{60 * 50} = 2,09;$$

$$W_{дв}(s) = \frac{k_{дв}}{T_{дв} * s + 1} = \frac{2,09}{0,87 * s + 1},$$

где:

$k_{дв}$ – статический передаточный коэффициент асинхронного электродвигателя;

$T_{дв}$ – постоянная времени двигателя;

$\omega_{дв}$ – угловая скорость вращения двигателя.

Передаточная функция преобразователя частоты.

ПЧ представляет собой апериодическое звено, преобразующее электрическую энергию сети в электрическую энергию для управления насоса:

$$W_{пч}(s) = \frac{k_{пч}}{T_{пч} * s + 1},$$

где:

$k_{пч}$ – статический передаточный коэффициент преобразователя;

$T_{пч}$ – постоянная времени преобразователя;

Передаточный коэффициент преобразователя определяется в статическом режиме при номинальном значении выходного воздействия по формуле:

$$k_{пч} = \frac{f_H}{I_{вх}},$$

где f_H – частота на выходе преобразователя, обеспечивающая номинальный режим работы двигателя; I_{BX} – управляющий ток на входе ПЧ, который обеспечивает номинальную частоту на выходе.

Поскольку управление ПЧ осуществляется током 4÷20 мА, а частоту двигателя необходимо изменять в диапазоне 0÷50 Гц, то номинальной частоте двигателя ($f_H = 50$ Гц) будет соответствовать входное напряжение управления ПЧ $I_{BX.H} = 20$ мА.

$$k_{пч} = \frac{f_H}{I_{BX}} = \frac{50}{16} = 3,125$$

Постоянная времени преобразователя определяется по формуле

$$T_{пч} = T_{\phi} + \frac{1}{2 * m * f_H},$$

где T_{ϕ} – постоянная времени цепи системы импульсно-фазового управления (СИФУ) ПЧ, включая фильтр; m – число фаз ТПЧ.

Значение постоянной времени цепи СИФУ преобразователей обычно составляет 0,003÷0,005 с, поэтому при моделировании принято принимать значение T_{ϕ} из данного диапазона. С учётом относительной новизны выбранного частотного преобразователя принимаем минимальное значение $T_{\phi} = 0,003$ с. Поскольку ПЧ осуществляет управление трёхфазным двигателем, то число фаз $m = 3$. Номинальное значение выходной частоты f_H составляет 50 Гц.

$$T_{пч} = T_{\phi} + \frac{1}{2 * m * f_H} = 0,003 + \frac{1}{2 * 3 * 50} = 0.0063$$

Передаточная функция преобразователя:

$$W_{пч}(s) = \frac{k_{пч}}{T_{пч} * s + 1} = \frac{3,125}{0.0063 * s + 1}$$

Передаточная функция блока обратной связи представляет собой коэффициент k_d , который примерно равен 1.

На рисунке 28 представлена функциональная схема ПИД-регулирования расхода химического реагента.

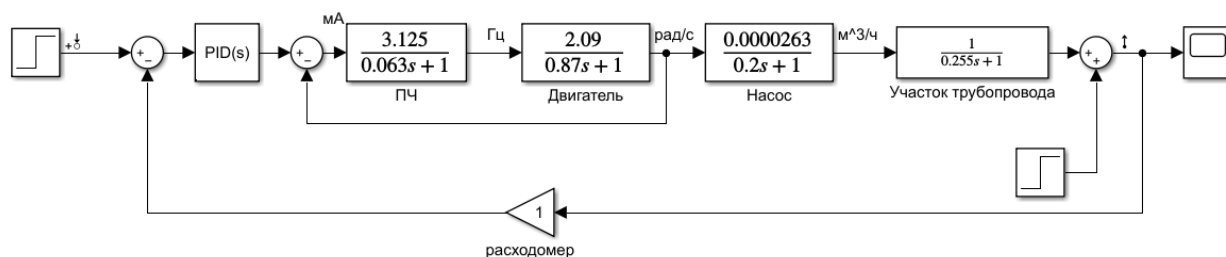


Рисунок 28. - функциональная схема ПИД-регулирования расхода химического реагента

В процессе управления объектом необходимо поддерживать расход на выходе равный $0,8 \text{ м}^3/\text{ч}$, поэтому в качестве передаточной функции задания выступает константа равная 0,8.

Процесс регулирования расхода осуществляется следующим образом. На объект управления в процессе его функционирования оказывают воздействия различные факторы, по этому выход объекта управления должен сформироваться с возмущающим воздействием. Итоговое воздействие расхода на выходе объекта управления измеряется расходомером. Полученный сигнал поступает на вход системы и сравнивается с заданным. В итоге вычисляется ошибка регулирования, затем сигнал поступает на ПИД-регулятор, который в зависимости от значения ошибки формирует управляющее воздействие на регулирующий орган, а регулирующий орган в свою очередь, в зависимости от управляющего воздействия, оказывает воздействие на объект управления с целью уменьшения ошибки.

График переходного процесса изображен на рисунке 29.

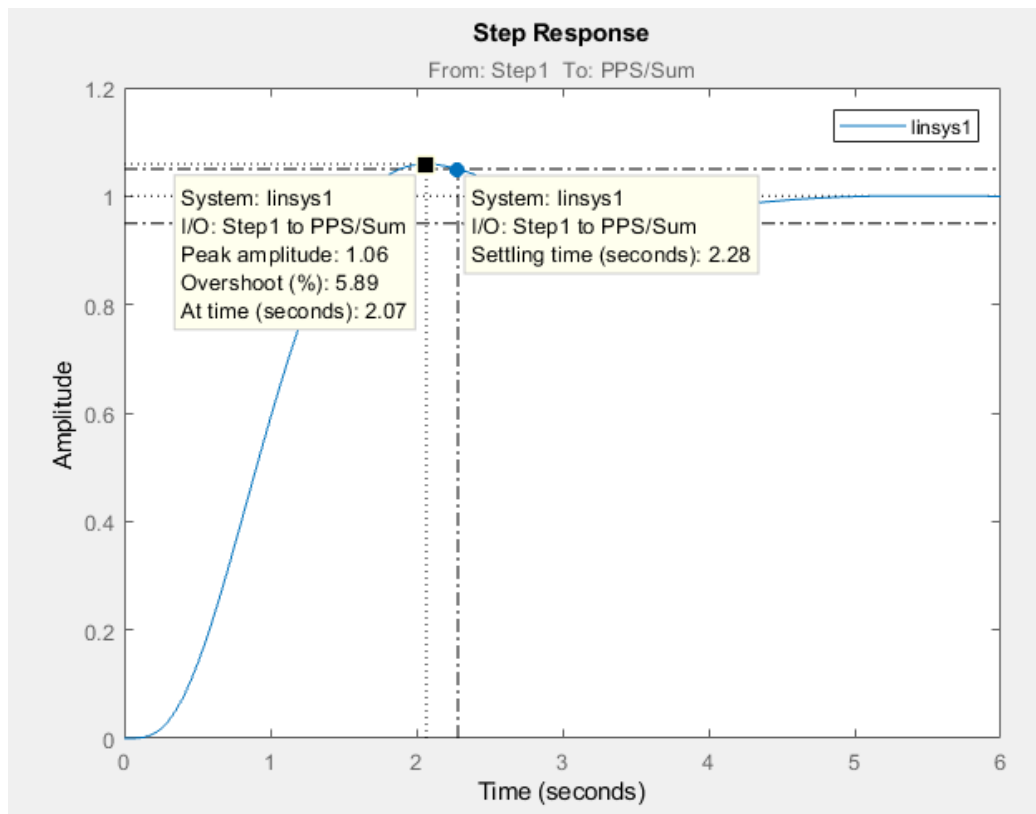


Рисунок 29 - График переходного процесса

Из графики видно, что время переходного процесса составляет 3 секунды, а перерегулирование 6%.

4. Программа и методика испытаний

4.1. Цель испытаний

4.1 Целями всех этапов испытаний являются:

- проверка соответствия состава, функций и эксплуатационных характеристик Системы заданию и техническим условиям на проектирование, требованиям стандартов, проектной и эксплуатационной документации;
- определение качества выполнения работ;
- проверка функционирования программно-технического комплекса Системы в реальных условиях эксплуатации на действующем технологическом объекте;
- проверка квалификации и уровня подготовки оперативного и эксплуатационного персонала к работе и обслуживанию Системы;
- приемка Системы в опытную или промышленную (постоянную) эксплуатацию.

4.2 Целями испытаний на этапе опытной эксплуатации являются:

- проверка проектных решений;
- выявление причин сбоев;
- определение фактических значений характеристик Системы;
- подтверждение качества изготовления оборудования, качества разработки ППО, качества выполнения монтажных и пусконаладочных работ;
- проверка соответствия Системы требованиям техники безопасности.

4.2 Общее положение

4.2.1 Перечень руководящих документов

4.2.1 Объем и требования к испытаниям определены на основании следующих руководящих документов:

- ГОСТ 34.201-89. Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Виды, комплектность и обозначение документов на автоматизированные системы;

- ГОСТ 34.601-90. Информационная технология. Комплекс стандартов и руководящих документов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы. Стадии создания;

- ГОСТ 34.603-92. Информационная технология. Виды испытаний автоматизированных систем;

- РД 50-34.698-90. Методические указания. Информационная технология. Комплекс стандартов и руководящих документов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы. Требования к содержанию документов;

- ПУЭ. Правила устройства электроустановок (7-е издание, переработанное и дополненное);

- СНиП 3.05.07-85*. Строительные нормы и правила. Системы автоматизации;

- СТО 11233753-001-2006*. ОАО Ассоциация «Монтажавтоматика». Стандарт организации. Системы автоматизации. Монтаж и наладка.

4.2.2 Место и продолжительность испытаний

4.2.2.1 Испытания Системы проводят непосредственно на объекте автоматизации в помещении операторной УКПН, а также в помещениях отдельно расположенных блоков автоматики и по месту размещения КИПиА.

4.2.2.2 Продолжительность проведения испытаний устанавливается в соответствие с графиком (типовая форма в приложении А) и составляет:

- для предварительных испытаний – от 7 до 10 дней;
- для опытной эксплуатации – 1 месяц;
- для приемочных испытаний – от 3 до 5 дней.

4.3 Объем испытаний

4.3.1 Этапы испытаний и перечень проверок

4.3.1.1 На этапе предварительных автономных испытаний проводят:

- проверку комплектности технических и программных средств Системы, включая системное и прикладное программное обеспечение;
- проверку состава и содержания рабочей документации;
- проверку состава и содержания эксплуатационной документации на технические и программные средства, в том числе на стандартные;
- проверку автономной готовности КТС: правильности монтажа, установки, подключения электропитания и заземления технических средств.

4.3.1.2 Комплексные испытания включают проверку всех подсистем АСУТП в комплексе и совместно с полевым оборудованием.

4.3.1.3 На этапе пуско-наладочных работ проводят:

- проверку работоспособности каналов совместно с операторским интерфейсом, реализованным для АРМ оператора/АРМ системного инженера;
- поверку (калибровку) измерительных каналов для подтверждения метрологических характеристик Системы;
- проверку реализации алгоритмов для основных функций (информационных, управляющих, защиты и блокировки) в соответствии с проектной документацией, требованиями стандартов и руководящих документов заказчика и требованиями технологических регламентов, утвержденных на объекте заказчика;
- проверку отказоустойчивости и функций самодиагностики Системы;
- проверку квалификации и уровня подготовки оперативно-технологического и эксплуатационного (обслуживающего) персонала для работы в условиях функционирования Системы.

4.3.1.4 На завершающем этапе пуско-наладочных работ осуществляют комплексное опробование Системы в автоматическом режиме в течение 72 часов. В случае безотказной работы предварительные испытания завершают.

В случае выявления сбоев в работе Системы испытания прерывают и возобновляют их после устранения недостатков.

4.3.1.5 На этапе опытной эксплуатации:

- проводят проверку функционирования в реальных условиях на работающем технологическом объекте с применением ППО, отлаженного на предварительных испытаниях;
- проверяют выполнение требований техники безопасности, противопожарной безопасности, промышленной санитарии, эргономики;
- ведут журналы опытной эксплуатации;
- устраняют выявленные недостатки.

4.3.1.6 В рабочий журнал опытной эксплуатации (с указанием даты и за подписью ответственного лица) вносят сведения:

- о продолжительности функционирования Системы;
- об отказах, сбоях, аварийных ситуациях;
- об изменениях параметров объекта автоматизации;
- о проведенных корректировках программного обеспечения и документации;
- о наладке технических средств;
- замечания персонала об удобстве эксплуатации Системы.

4.3.1.7 На этапе приемочных испытаний:

- анализируют итоги опытной эксплуатации;
- составляют перечень необходимых повторных проверок для режимов работы и функций, по которым были выявлены недостатки;
- проверяют правильность внесения изменений в рабочую и эксплуатационную документацию.

4.4 Условия и порядок проведения испытаний

4.4.1 Условия проведения испытаний

4.4.1.1 Условиями начала предварительных испытаний Системы являются:

- завершение в соответствии с проектом строительных, монтажных и отделочных работ в части помещений и сооружений, предназначенных для установки КТС Системы;

- завершение работ по организации кабельного хозяйства, защитного заземления, электропитания технических средств;

- завершение работ по ПНР систем АСУ ТТ и ПС;

- завершение работ по ПНР САУ блочно-комплектного оборудования;

- выполнение работ по этапу «Пусконаладочные работы», в том числе:

- 1) завершение работ по автономной наладке отдельных датчиков,

исполнительных механизмов, контроллеров и других отдельных блоков и устройств;

- 2) завершение работ по наладке технических устройств связи и линий связи;

- 3) завершение работ по наладке комплекса программно-технических средств;

- готовность оперативно-технологического персонала и эксплуатационного персонала службы АСУ ТП заказчика к эксплуатации Системы (проведение учебы по правилам эксплуатации Системы, ознакомление с технической и эксплуатационной документацией, сдача экзаменов).

4.4.1.2 Условиями начала приемочных испытаний Системы являются:

- полное завершение работ этапа «Опытная эксплуатация»;

- корректировка эксплуатационной и рабочей технической документации по результатам опытной эксплуатации.

4.5 Требования к персоналу, проводящему испытания

4.5.1 Персонал, проводящий испытания, должен пройти соответствующее обучение правилам работы с Системой в целом и с отдельными техническими средствами. Эксплуатационный персонал, прошедший обучение, должен сдать квалификационные экзамены на право обслуживания составляющих Системы с получением удостоверений.

4.5.2 Члены приемочной комиссии и рабочих групп, эксплуатационный и технический персонал, принимающие участие в испытаниях, должны пройти инструктаж о мерах безопасности на объекте, должны быть ознакомлены с программой и планом-графиком проведения испытаний.

4.6 Методики испытаний

4.6.1 Проверка комплектности технических и программных средств

4.6.1.1 Согласованный состав комплекса технических средств Системы приведен в документе «Спецификация оборудования, изделий и материалов»

4.6.1.2 Проверку состава и комплектности Системы, состава ЗИП осуществляют сравнением фактически смонтированного оборудования КТС со спецификацией, технической и рабочей документацией. Одновременно проверяют установку необходимых программ в устройствах памяти программно-технических средств, наличие копий СПО и ППО на электронных дисках, наличие требуемого количества лицензий СПО в соответствии со спецификацией программного обеспечения. Комплектность базового и конфигурационного программного обеспечения проверяется также при последующих проверках функционирования Системы.

4.6.1.3 Для аналоговых входных сигналов выполняют следующие проверки:

- проверка диапазона измерений с использованием калибратора тока. На клеммах подключения полевого оборудования последовательно задают калибратором значения аналогового сигнала. Рекомендуемые значения сигналов: 0% (4 мА), 25% (8 мА), 50% (12 мА), 75% (16 мА), 100% (20 мА). На мнемосхемах АРМ оператора фиксируют отображение значения параметра, соответствующее значению тока. Для датчиков с HART протоколом на панели аналогового сигнала дополнительно фиксируют отображение параметра в окне HART;

- имитация недостоверности сигнала. Для имитации обрыва цепи датчика отключают калибратор, т.е. задают значение 0 мА, для имитации выхода параметра за границы диапазона измерений задают на калибраторе значение тока 23 мА. На мнемосхемах АРМ оператора фиксируют сигнализацию недостоверности параметра и регистрацию недостоверности в базе данных;

- имитация достижения верхней предупредительной (предаварийной), нижней предупредительной (предаварийной) границ параметра и проверка соответствующей сигнализации и регистрации нарушений по данным параметрам в списке аварийных сообщений. Проверку проводят для всех параметров, для которых такие границы установлены в технологических режимных картах объекта (например, уровня в резервуарах и емкостях, давления в трубопроводах и на выкиде насосов, температуры подшипников, уровня загазованности в помещениях и на площадках и т.д.);

- определение времени реакции Системы на изменения входных сигналов.

Поверку измерительных каналов с целью подтверждения их метрологических характеристик проводят по методике, приведенной в 4.6.10.

4.6.1.4 Для дискретных входных сигналов выполняют следующие проверки:

- правильность адресации аппаратного и программного обеспечения согласно таблицам подключения входов-выходов;

- правильность настроек сигнализации. На клеммах подключения полевого оборудования последовательно замыкают и размыкают цепь контура сигнализации. На мнемосхемах АРМ оператора фиксируют отображение состояния параметра, соответствующее состоянию цепи. Проверяют звуковую сигнализацию и регистрацию нарушений по данным параметрам в списке аварийных сообщений;

- определение времени реакции Системы на изменения входных сигналов.

4.6.1.5 Для дискретных выходных сигналов выполняют следующие проверки:

- проверка функций дистанционного управления исполнительными механизмами: выбор объекта управления и нажатие виртуальных клавиш на мнемосхемах (СТОП, ПУСК, ВКЛ, ОТКЛ, ОТКРЫТЬ, ЗАКРЫТЬ) в зависимости от объекта управления. Последующий контроль состояния выходов на модулях контроллера, на клеммах подключения пускателей исполнительных механизмов. Проверку проводят в тестовом режиме при отключенных защитах и блокировках и без реального воздействия на объект. Ответную реакцию исполнительного механизма имитируют дискретными входными сигналами (ВКЛЮЧЕН, ОТКЛЮЧЕН, ОТКРЫТО, ЗАКРЫТО), как описано выше;

- определение времени реакции Системы на управляющее воздействие.

4.6.1.6 Для интерфейсных сигналов, передаваемых по протоколу MODBUS (RS-485) выполняют следующие проверки:

- правильность адресации аппаратного и программного обеспечения согласно таблицам подключения входов-выходов;

- проверка соответствия значений технологических параметров ЛСУ по месту или на цифровых индикаторах приборов и на мнемосхемах АРМ оператора.

4.6.1.6 Для ПИД-регулятора выполняют следующие проверки:

- время переходного процесса.

В рабочую линию подачи химреагента, нагнетают давление 1МПа. Далее спускным клапаном спускают давление до 0,8МПа, тем самым пид-регулятор должен восстановить заданный расход химреагента за установленное время.

4.6.2 Проверка квалификации и уровня подготовки персонала

4.6.2.1 Приемочная комиссия в процессе испытаний проверяет навыки персонала по взаимодействию с Системой. Комиссия должна оценить квалификацию оперативно-технологического и эксплуатационного персонала, проверить журналы прохождения инструктажей, наличие удостоверений и допусков к работе с Системой. При необходимости комиссия уточняет и согласовывает состав и порядок выполнения работ по гарантийному и сервисному обслуживанию Системы.

4.7 Материально-техническое обеспечение испытаний

4.7.1 Заказчик на время проведения испытаний должен обеспечить организацию испытаний и условия для работы комиссии, удовлетворяющие требованиям безопасности.

4.7.2 Заказчик обеспечивает при проведении испытаний представителям организации, выполняющей пусконаладочные работы, рабочее место в операторной, оснащенное компьютером, принтером и телефоном.

4.7.3 Необходимая материально-техническая база проведения предварительных испытаний обеспечивается организацией, выполняющей пусконаладочные работы.

4.7.4 Эталонные средства измерений, обеспечивающие работы по поверке и калибровке полевых датчиков, предоставляет заказчик.

4.7.5 Перечень оборудования для испытаний приведен в таблице 13. Конкретные типы оборудования указаны для справки, возможна замена на приборы с аналогичными характеристиками.

Таблица 13 – Перечень оборудования и приборов, применяемых при
испытаниях






Наименование	Кол.	Примечание
Калибратор СА71 (CA150), Yokogawa	1	Калибратор/ измеритель
Калибратор измерителей температуры Fluke 724	1	Калибратор/ измеритель
Мультиметр Fluke 106 (107)	1	
Осциллограф-мультиметр (скоплер) Fluke 123/S	1	Двухканальный
Измеритель сопротивления электроизоляции MIC-3	1	
Коммуникатор HART 475 (Метран-650)	1	
Секундомер	1	
Имитатор срабатывания пусковой цепи (лампа 24 В)	1	
Комплект электромонтажного инструмента	1	
Средства двусторонней связи между персоналом, проводящим испытания (мобильные рации)	2	Обеспечивает Заказчик

5. Разработка дерева экранных форм

Дерево экранных форм приведено в альбоме схем (Приложение И).

Управление в АС УДХ реализовано при помощи набора экранных форм (мнемосхем), на которых наглядно представлен ход технологического процесса, значения его параметров и состояния устройств.

Цвета, используемые при проектировании экранных форм АС

Цвет	Наименование	Назначение
	Красный	Авария/сигнализация
	Черный	Текст
	Светло-серый	Фон, кнопки
	Зеленый	Рабочее состояние, текст
	Желтый	Предупреждение

6. Разработка экранных форм АС УДХ

Интерфейс оператора содержит рабочее окно состоящее из следующих областей:

- Главное меню;
- Область видеокadra;
- Окно оперативных сообщений;
- Строка пользователя;
- Строка времени, строка даты.

Рабочее окно интерфейса АРМ оператора показано на рисунке 30.

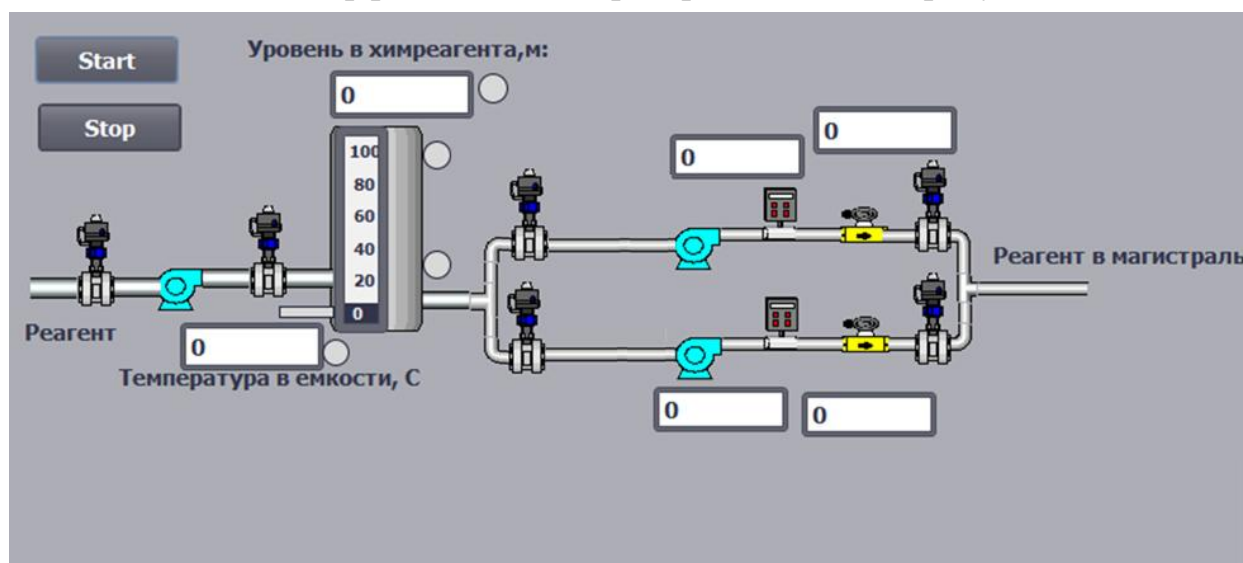


Рисунок 30 - Рабочее окно интерфейса оператора

6.1 Область видеокadra

Видеокadры представлены для контроля состояния технологического оборудования и управления этим оборудованием. В состав видеокadров входят:

- Мнемосхемы, отображающие основную технологическую информацию;
- Дополнительные мнемосхемы установки параметров технологического и контрольно-измерительного оборудования.

В область видеокadра АРМ оператора доступны следующие мнемосхемы:

- Мнемосхема УДХ (Приложение К);
- Мнемосхема насоса закачки, как пример мнемосхемы технологического оборудования;
- Мнемосхема датчика температуры, как пример мнемосхемы контрольно-измерительного оборудования.

На мнемосхема «УДХ» отображается работа следующего оборудования и значения параметров:

- Измеряемые параметры УДХ;
- Контролируемые параметры УДХ;
- Состояние и работы насосов НД-1, НД-2, НЗ.

На мнемосхеме может быть осуществлен переход к мнемосхемам технологического оборудования и контрольно-измерительных приборов.

На мнемосхеме «насос закачки» отображаются следующие параметры:

- Состояние работы;
- Предел времени пуска;

При помощи данной мнемосхемы может осуществляться управление насосом.

На мнемосхеме «датчика температуры» отображаются следующие параметры:

- Текущая температура;
- Текущий уровень установки.

При помощи данной мнемосхемы может осуществляться изменение значения установок.

На рисунке 31 представлен мнемознак дискретного параметра.

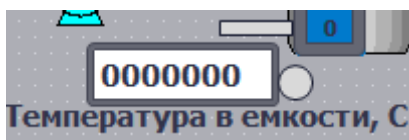


Рисунок 31 – Знак дискретного параметра

В центральной части отображается текущее состояние параметра в формате выражения, которое изменяется на соответствующее при изменении его стояния.

Приняты следующие цвета для отображения текущего состояния параметра:

- Зеленый цвет-параметр достоверен и в норме;
- Желтый цвет – параметр достоверен и достиг допустимого значения;
- Красный цвет – параметр достоверен и достиг предельного (максимального или минимального) значения;
- Темно-серый цвет – параметр недостоверен.

Цвет фона центрального поля во всех случаях остается былым.

На рисунке 32 представлен мнемознак аналогового параметра.

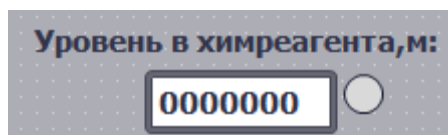


Рисунок 32 – знак аналогового параметра

В центральной части отображается значение аналогового параметра, а так же принята следующая цветовая схема для отображения аналогового параметра:

- Зеленый цвет – параметр достоверен и в норме;
- Желтый цвет – параметр достоверен и достиг допустимого значения;
- Красный цвет – параметр достоверен и достиг предельного (максимального или минимального) значения;
- Темно-серый цвет – параметр недостоверен.

Цвет фона центрального поля во всех случаях остается былым.

7. Социальная ответственность

7.1. Профессиональная социальная безопасность

7.1.1 Электробезопасность

Подача электрического тока на оборудование установки должна осуществляться от отдельного независимого источника питания. Необходима изоляция токопроводящих частей и ее непрерывный контроль. Должны быть предусмотрены защитное отключение, предупредительная сигнализация и блокировка.

Электрические изделия по способу защиты человека от поражения электрическим током подразделяются на пять классов: 0, 01, 1, 2, 3.

При выходе на смену, рабочим необходимо проверить изоляцию токопроводящих частей установки. Убедиться в подключении заземляющего проводника к общей шине заземления, проверить его целостность.

7.1.2 Производственный шум

Данная установка находится на территории добывающего предприятия и создает дополнительный шум.

Повышенный уровень шума в установки отнесен к группе физических опасных и вредных производственных факторов. Шум неблагоприятно действует на организм человека, вызывают головную боль, под его влиянием развивается раздражительность, снижается внимание, замедляются сенсомоторные реакции, повышаются, а при чрезвычайно интенсивном действии понижаются возбуждательные процессы в коре головного мозга. Воздействие шума повышает пороги слышимости звуковых сигналов, снижает остроту зрения и нарушает нормальное цветоощущение. Работа в условиях шума может привести к появлению гипертонической или гипотонической болезни, развитию профессиональных заболеваний – тугоухости и глухоте.

При выполнении работ с обслуживанием, поверкой, юстировкой оборудования, необходимо использовать средства индивидуальной защиты для сохранения здоровья рабочего персонала. В данной установке уровень

шума превышает 80 дБ. По этому, необходимо выдавать рабочему персоналу: беруши, наушники, противошумовые шлемы, шумозащитный костюм.

7.2. Экологическая безопасность

Вследствие развития научно-технического прогресса, постоянно увеличивается возможность воздействия на окружающую среду, создаются предпосылки для возникновения экологических кризисов. Но наряду с этим появляются новые способы защиты от загрязнения, но данные технологии сложны и дороги.

Одна из самых серьезных проблем - потребление электроэнергии. С увеличением количества компьютерных систем, внедряемых в производственную сферу, увеличится и объем потребляемой ими электроэнергии, что влечет за собой увеличение мощностей электростанций и их количества. И то, и другое не обходится без нарушения экологической обстановки.

Рост энергопотребления приводит к экологическим нарушениям, таким как:

- изменение климата — накопление углекислого газа в атмосфере Земли (парниковый эффект);
- загрязнение воздушного бассейна другими вредными и ядовитыми веществами;
- загрязнение водного бассейна Земли;
- опасность аварий в ядерных реакторах, проблема обезвреживания и утилизации ядерных отходов;

Из этого можно сделать вывод, что необходимо стремиться к снижению энергопотребления, то есть разрабатывать и внедрять системы с малым энергопотреблением.

При работе автоматизированных систем с диспетчерским управлением, возможны такие производственные отходы как макулатура и неисправные детали персональных компьютеров.

Бумажные изделия должны передаваться в соответствующие организации для дальнейшей переработки во вторичные бумажные изделия.

Неисправные комплектующие персональных компьютеров должны передаваться либо государственным организациям, осуществляющим вывоз и уничтожение бытовых и производственных отходов, либо организациям, занимающимся переработкой отходов. Второй вариант предпочтительней, т.к. переработка отходов является перспективной технологией сохранения природных ресурсов.

Из этого можно сделать вывод, что технологии, которые внедряются в системы диспетчерского контроля технологических объектов, должны быть направлены на снижение энергопотребления, а оборудование, применяемое на технологических объектах, должно включать в себя как можно больше материалов, которые подразумевают возможность вторичной обработки.

7.3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

7.3.1 Пожарная безопасность

Помещения в зависимости от характеристики используемых в производстве веществ и их количества, по пожарной и взрывной опасности подразделяются на категории А, Б, В, Г, Д в соответствии НПБ от 18.06.2003 г. №105-03 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности».

При неправильной эксплуатации оборудования и коротком замыкании электрической сети может произойти возгорание, которое грозит уничтожением всех элементов оборудования, документов. Система вентиляции может стать источником распространения возгорания.

В качестве возможных причин пожара можно указать следующие:

- короткие замыкания;

- перегрузка сетей, которая ведет за собой сильный нагрев токоведущих частей и загорание изоляции.

Для предупреждения пожаров от коротких замыканий и перегрузок необходимы правильный выбор, монтаж и соблюдение установленного режима эксплуатации электрических сетей, дисплеев и других электрических средств автоматизации.

Следовательно, необходимо предусмотреть ряд профилактических мероприятий технического, эксплуатационного, организационного плана.

Организационные мероприятия предусматривают [4]:

- противопожарный инструктаж обслуживающего персонала;
- обучение персонала правилам техники безопасности;
- издание инструкций, плакатов, планов эвакуации.

Эксплуатационные мероприятия:

- соблюдение эксплуатационных норм оборудования;
- обеспечение свободного подхода к оборудованию.
- содержание в исправности изоляции токоведущих проводников.

Технические мероприятия:

- установка датчиков пожарной сигнализации, реагирующих на появление дыма;
- наличие системы оповещения персонала в случае аварийных ситуаций;
- соблюдение противопожарных мероприятий при устройстве электропроводок, оборудования, систем отопления, вентиляции и освещения.
- профилактический осмотр, ремонт и испытание оборудования.

К режимным мероприятиям относятся установление правил организации работ и соблюдение противопожарных мер.

7.4. Особенности законодательного регулирования проектных решений

Государственный надзор и контроль в организациях независимо от организационно–правовых форм и форм собственности осуществляют специально уполномоченные на то государственные органы и инспекции в соответствии с федеральными законами.

Согласно Трудовому кодексу Российской Федерации от 30.12.2001 [6] в условиях непрерывного производства нет возможности использовать режим рабочего времени по пяти– или шестидневной рабочей неделе. По этой причине применяются графики сменности, обеспечивающие непрерывное обслуживание производственного процесса, работу персонала сменами постоянной продолжительности, регулярные выходные дни для каждой бригады, постоянный состав бригад и переход из одной смены в другую после дня отдыха по графику. На объекте применяется график сменности четырех бригад. При этом ежесуточно работают две бригады, каждая в своей смене, а остальные две бригады отдыхают. При составлении графиков сменности учитывается положение ст. 110 ТК [6] о предоставлении работникам еженедельного непрерывного отдыха продолжительностью не менее 42 часов.

Государственный надзор и контроль в организациях независимо от организационно–правовых форм и форм собственности осуществляют специально уполномоченные на то государственные органы и инспекции в соответствии с федеральными законами.

К таким органам относятся:

- Федеральная инспекция труда;
- Государственная экспертиза условий труда;
- Федеральная служба по труду и занятости населения (Минтруда России Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору (Госгортехнадзор, Госэнергонадзор, Госатомнадзор России)).

- Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (Госсанэпиднадзор России);
- Единая государственная система предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций, положение о которой утверждено Постановлением Правительства Российской Федерации, в соответствии с которым, система объединяет органы управления, силы и средства.

8. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

8.1 Потенциальные потребители результатов исследования

В данном разделе проведено технико-экономическое обоснование разработки проекта. Доказана экономическая эффективность данного проекта в сравнении с другими вариантами.

В данном дипломном проекте рассматривается модернизация автоматизированной системы установки дозирования химреагента (УКПГ). УДХ предназначена для автоматизированного приема, контроля, хранения и дозированного ввода в технологические установки нефтегазодобывающего предприятия. Эксплуатационное назначение установки заключается в доведении добытого газа до товарного состояния, в котором газ пригоден для транспортировки по трубопроводу.

Цель дипломной работы – повысить эффективность установки дозирования химреагента, а также разработать систему диспетчерского управления данной установки.

8.2 Потенциальные потребители результатов исследования

Потенциальные потребители – предприятия, осуществляющие добычу газа. УКПГ используются на любом предприятии, на котором производится добыча газа, например, семейство ООО “Газпром добыча”, а также “Сургутнефтегаз”. Поэтому разработка и усовершенствование данной установки являются целесообразными.

Разработаем карту сегментирования, чтобы увидеть, какие ниши на рынке не заняты конкурентами или где уровень конкуренции низок. В таблице 14 представлена карта сегментирования рынка услуг.

Таблица 14. Карта сегментирования рынка услуг.

		Вид установки	
		УКПГ модернизированные	УКПГ модификаций без
Размер компаний	Крупные		
	Средние		
	Мелкие		

 Фирма А
  Фирма Б

Как видно из карты сегментирования, наибольший интерес представляют крупные и средние компании, поэтому именно на них и стоит ориентироваться.

В качестве конкурентных технических решений будем рассматривать установки дозирования химреагента (УДХ) производства «ЭЛЕКТРОН» и «УралНефтеХимМаш».

УДХ типа «ЭЛЕКТРОН» получили очень широкое распространение за счет достаточной надежности, и за счет своей относительно небольшой цены. Небольшая цена данной установки объясняется тем, что в установке используются старые датчики, цены на которые, по сравнению с новыми, конечно, ниже. Также, старые датчики обладают менее точными метрологическими характеристиками, и меньшей надежностью.

Главная особенность УДХ «УралНефтеХимМаш» - это то, что они изготовлены частично из импортных материалов с применением более сложных технологий, что положительно сказывается на точность дозирования химреагента. Однако, это отражается на стоимости установки, её долговечности и стоимости ее обслуживания.

Решение, предложенное в данной работе, обладает высокой точностью дозирования химреагента (обусловлено выбором современных

датчиков), высокой надежностью, простотой эксплуатации и ремонта, а также разумным сочетанием отечественных материалов и импортных датчиков.

Проведем анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения с помощью оценочной карты таблица 15.

Таблица 15. Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
Надежность	0,3	4,5	4	4,5	1,35	1,2	1,35
Простота эксплуатации	0,1	4	5	3	0,4	0,5	0,3
Повышение производительности труда	0,2	4	4	4,5	0,8	0,8	0,9
Долговечность	0,15	4	3	4	0,6	0,45	0,6
Экономические критерии оценки эффективности							
Цена	0,1	4	4	3	0,4	0,4	0,3
Обслуживание	0,15	5	4	4,5	0,75	0,6	0,675
Итого	1				4,3	3,95	4,125

Б_ф – разработанная система; Б_{к1} – УДХ типа «ЭЛЕКТРОН»; Б_{к2} – УДХ типа «УралНефтеХимМаш».

Анализ конкурентных технических решений рассчитаем по формуле 1:

$$K = \sum B_i \cdot B_j \quad (1)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Как видно из оценочной карты, разработанная система выигрывает по техническим критериям и по экономическим. По техническим критериям разность не так велика, однако из-за сочетания отечественных материалов и импортных датчиков, снижается стоимость системы в целом, а так же затраты на её обслуживание, что сказывается на экономических критериях.

8.3 Технология QuaD

Технология QuaD (QUality ADvisor) представляет собой гибкий инструмент измерения характеристик, описывающих качество новой разработки и ее перспективность на рынке и позволяющие принимать решение целесообразности вложения денежных средств в научно-исследовательский проект. По своему содержанию данный инструмент близок к методике оценки конкурентных технических решений. Технология может использоваться при проведении различных маркетинговых исследований, существенно снижая их трудоемкость и повышая точность и достоверность результатов. В таблице 16 приведена оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок).

Таблица 16. Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение	Средневзвешенное значение
1	2	3	4	5	6
Показатели оценки качества разработки					
Надежность	0,3	90	100	0,9	0,27
Простота эксплуатации	0,1	60	100	0,6	0,06
Повышение производительности очистки	0,2	70	100	0,7	0,14
Долговечность	0,15	60	100	0,6	0,09

Показатели оценки коммерческого потенциала разработки					
1	2	3	4	5	6
Цена	0,1	80	100	0,8	0,08
Обслуживание	0,15	70	100	0,7	0,105
Итого	1		100		0,745

Оценка качества и перспективности по технологии QuaD определяется по формуле:

$P_{\text{ср}} = \sum P_i \cdot 100$, где $P_{\text{ср}}$ – средневзвешенное значение показателей качества и перспективности научной разработки; P_i – средневзвешенное значение показателя. Значение $P_{\text{ср}}$ позволяет говорить о перспективах разработки и качестве проведенного исследования. Если значение показателя $P_{\text{ср}}$ получилось от 100 до 80, то такая разработка считается перспективной. Если от 79 до 60 – то перспективность выше среднего. Если от 69 до 40 – то перспективность средняя. Если от 39 до 20 – то перспективность ниже среднего. Если 19 и ниже – то перспективность крайне низкая.

$$P_{\text{ср}} = \sum P_i \cdot 100 = 0,745 \cdot 100 = 74,5$$

Вывод:

По результатам оценки качества и перспективности разработка имеет перспективную оценку ($P_{\text{ср}} = 74,5$).

8.4 SWOT-анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта. Он проводится в несколько этапов.

Составляем результирующую матрицу SWOT таблица 17.

Таблица 17. Матрица SWOT

	Сильные стороны: С1. Цена обслуживания. С2. Простота. С3. Надежность.	Слабые стороны: Сл1. Более высокая цена, по сравнению с конкурентами. Сл2. Высокая стоимость пусконаладочных работ. Сл3. Сложности при пусконаладке.
Возможности: В1. Старение большинства систем дозирования химреагента добываемой газо-нефтежидкостной смеси. В2. Договоры с крупными добывающими компаниями в России.	В1С1С3 – так как множество установок покупается на долгосрочный период, цена обслуживания – один из главных факторов при выборе.; В2С1С3 – за счет работы с крупными предприятиями можно улучшить характеристики устройства.	В2Сл3 – сложности при пусконаладке исключается квалифицированным персоналом, уже осуществлявшим подобные процедуры. Такой персонал обязательно есть в любой крупной фирме.
Угрозы: У1. Нет производственных доказательств надежности функционирования. У2. Нежелание многих компаний на изменения.	У1С1С2С3 – нет доказательств надежности функционирования системы на реальных предприятиях.	У2Сл2Сл3 – нежелание к изменениям текущего, привычного персоналу, оборудования усугубляется высокой стоимостью на этапе пусконаладки.

Таблица 18. Интерактивная матрица проекта(сильные стороны)

	С1	С2	С3
В1	+	-	+
В2	+	-	+
У1	+	+	+
У2	-	+	+

Таблица 19. Интерактивная матрица проекта(слабые стороны)

	Сл1	Сл2	Сл3
В1	-	-	-
В2	-	-	+
У1	+	+	+
У2	-	+	+

9. Планирование научно-исследовательских работ

9.1 Структура работ в рамках научного исследования

Группа участников состоит из студента и руководителя. Для выполнения научного исследования сформирован ряд работ, назначены должности исполнителя для каждого этапа работы (таблица 20).

Таблица 20. Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ Раб.	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1.	Выбор направления научного исследования	Студент
	2.	Составление и утверждение технического задания	Руководитель Студент
Анализ предметной области	3.	Календарное планирование работ по теме	Студент
	4.	Подбор и изучение материалов по теме	Студент
	5.	Анализ отобранного материала	Студент Руководитель
Разработка АСУ ТП	6.	Описание технологического процесса	Студент
	7.	Разработка функциональной схемы автоматизации	Студент
	8.	Разработка структурной схемы автоматизации	Студент
	9.	Разработка схемы информационных потоков	Студент
	10.	Подбор датчиков и ПЛК	Студент
	11.	Разработка схемы соединения внешних проводок	Студент
	12.	Разработка экранных форм	Студент
	13.	Разработка алгоритмов управления системы	Студент
	14.	Написание раздела «финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Студент
	15.	Написание раздела «социальной ответственности»	Студент

	16.	Проверка работы с руководителем	Студент Руководитель
Оформление отчета	17.	Составление пояснительной записки	Студент
	18.	Подготовка презентации дипломного проекта	Студент

9.2. Определение трудоемкости выполнения работ

Для определения трудоемкости работ будем использовать такие показатели как ожидаемое значение трудоемкости, продолжительность каждой работы, продолжительность выполнения i – ой работы в календарных днях, коэффициент календарности.

Для расчета ожидаемого значения продолжительности работ $t_{ож}$ применяется следующая формула 2:

$$t_{ож} = \frac{3 \cdot t_{min} + 2 \cdot t_{max}}{5} \quad (2)$$

где t_{min} – минимальная трудоемкость i -ой работы, чел/дн.;

t_{max} – максимальная трудоемкость i -ой работы, чел/дн.

Из расчета ожидаемой трудоемкости работ, определим продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями (формула 3).

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i} \quad (3)$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{ожi}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.

$Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Для построения диаграммы Ганта, переведем длительность каждого из этапов работ в календарные дни (формула 4).

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{кал} \quad (4)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле 5:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} \quad (5)$$

где $T_{\text{кал}}$ – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней в году.

Коэффициент календарности: $K_{\text{кал}} = 365 / (365 - 119) = 1,48$.

Расчеты по трудоемкости выполнения работ приведены в таблице 21.

Таблица 21. Временные показатели проведения научного исследования

Название Работы	Трудоёмкость работ						Исполни тели		Длитель ность работ в рабочих днях T_{pi}	Длительность работ в календарных днях T_{ki}
	t_{min} , чел-дни		t_{max} , чел- дни		$t_{ож\bar{i}}$, чел-дни					
	Студент	Преподаватель	Студент	Преподаватель	Студент	Преподаватель	Студент	Преподаватель	Одновременное выполнение работ	Одновременное выполнение работ
Выбор направления научного исследования	8	0	12	0	9,6	0			9,6	14,208
Составление и утверждение технического задания	4	3	7	5	5,2	3,8			4,5	6,66
Календарное планирование работ по теме	2	0	4	0	2,8	0			2,8	4,144
Подбор и изучение	15	0	20	0	17	0			17	25,16

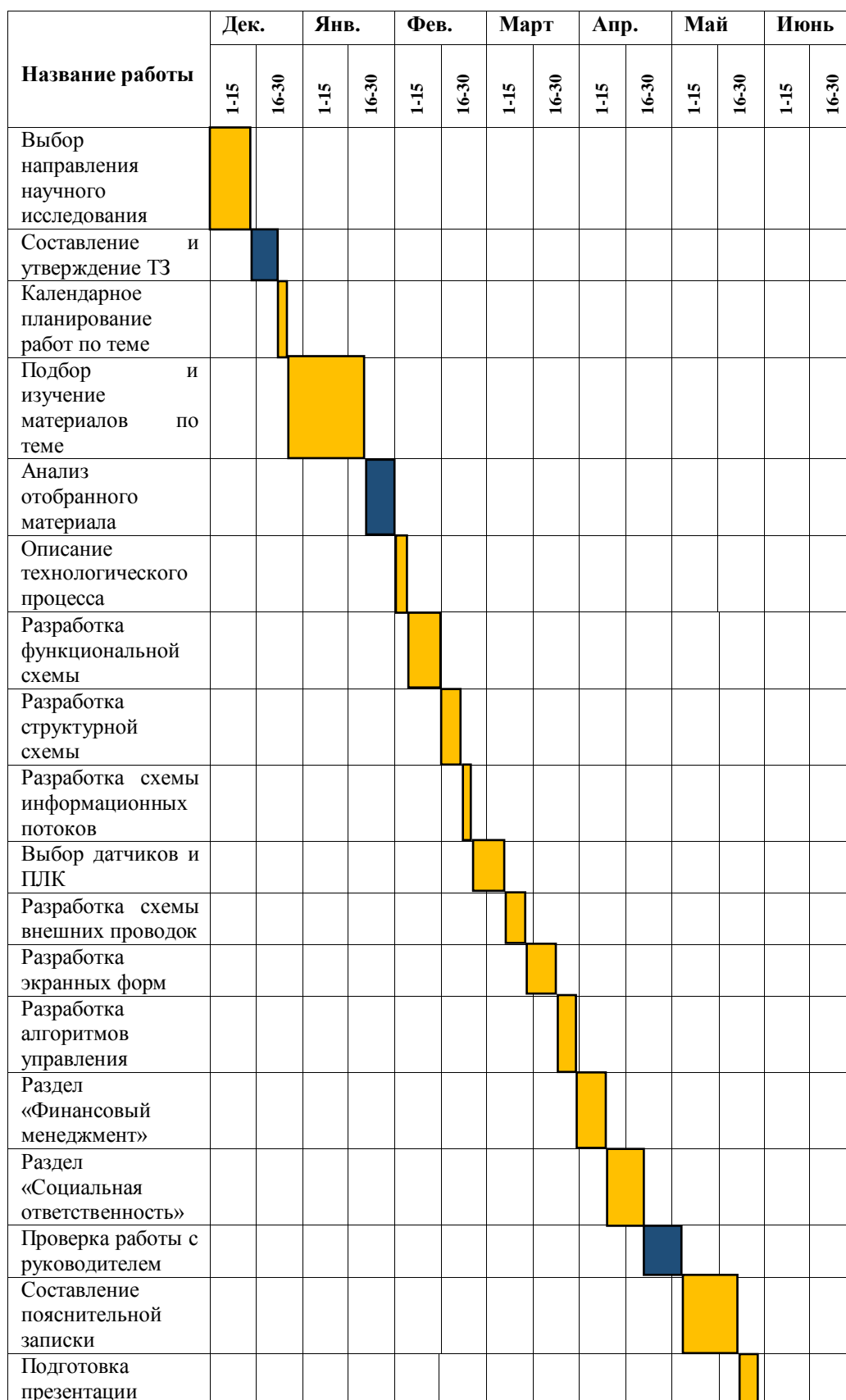
материалов по теме										
Анализ отобранного материала	6	3	12	6	8,4	4,2			7,4	10,952
Описание технологического процесса	4	0	6	0	4,8	0			2,8	4,144
Разработка функциональной схемы автоматизации	6	0	12	0	8,4	0			8,4	12,432
Разработка структурной схемы автоматизации	3	0	6	0	4,2	0			4,2	6,216
Разработка схемы информационных потоков	2	0	4	0	2,8	0			2,8	4,144
Подбор датчиков и ПЛК	5	0	10	0	7	0			7	10,36
Разработка схемы соединения внешней проводки	3	0	6	0	4,2	0			4,2	6,216
Разработка экранных форм	4	0	8	0	5,6	0			5,6	8,288
Разработка алгоритма управления системы	8	0	12	0	9,6	0			9,6	14,208
Написание раздела «финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	4	0	8	0	5,6	0			5,6	8,288

Написание раздела «социальная ответственность»	6	0	12	0	8,4	0			8,4	12,432
Проверка работы с руководителем	6	5	12	9	8,4	6,6			7,5	11,1
Составление пояснительной записки	12	0	16	0	13,6	0			13,6	20,128
Подготовка презентации дипломного проекта	2	0	4	0	2,8	0			2,8	4,144
Итого	100	11	171	20	128,4	14,6			123,8	183,224

9.3 Разработка графика проведения научного исследования

По данным из таблицы 8 «Временные показатели проведения научного исследования» создадим диаграмму Ганта, которая строилась при максимальном количестве дней при каждом процессе. Данная диаграмма представлена в таблице 22. Синий цвет – совместная работа студента и преподавателя, желтый – индивидуальная работа студента.

Таблица 22. Диаграмма Ганта



9.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

Бюджет научно-технического исследования должен быть основан на достоверном отображении всех видов расходов, связанных выполнением проекта. В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты НТИ;
- затраты на специальное оборудование для научных работ;
- заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).

9.4.1 Расчет материальных затрат НТИ

Для вычисления материальных затрат воспользуемся следующей формулой 7:

$$З_{\text{м}} = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m \Pi_i \cdot N_{\text{расх}i}, \quad (7)$$

где m – количество видов материальных ресурсов;

$N_{\text{расх}i}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м² и т.д.);

Π_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов;

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Для разработки данного научного проекта необходимы следующие материальные ресурсы: ноутбук, канцелярские товары, печатная бумага, принтер (таблица 23).

Таблица 23. Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Кол-во	Цена (руб.)
Ноутбук	шт.	1	48000
Канцелярские товары (набор)	шт.	1	300
Пачка печатной бумаги	шт.	1	400
Принтер	шт.	1	3000
Дополнительный монитор	шт.	1	9000
Итого (руб.)	60700		

9.4.2 Основная заработная плата исполнителей темы

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НИИ, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату (формула 8):

$$З_{зп} = З_{осн} + З_{доп}, \quad (8)$$

где $З_{осн}$ – основная заработная плата;

$З_{доп}$ – дополнительная заработная плата (12-20 % от $З_{осн}$).

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле 9:

$$З_{дн} = \frac{З_{м} \cdot М}{F_{д}}, \quad (9)$$

где $З_{м}$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

$М$ – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 24 раб. дня $М=11,2$ месяца, 5-дневная неделя;

при отпуске в 48 раб. дней $М=10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

при отпуске в 72 раб. дней $М=9,6$.

$F_{д}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. (таблица 24).

Таблица 24. Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней - выходные дни - праздничные дни	118	118
Потери рабочего времени - отпуск - невыходы по болезни	45	72
Действительный годовой фонд рабочего времени	202	175

Месячный должностной оклад работника (формула 10):

$$З_{\text{м}} = З_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}}, \quad (10)$$

где $З_{\text{тс}}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от $З_{\text{тс}}$);

$k_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5 (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: 15-20% от $З_{\text{тс}}$);

$k_{\text{р}}$ – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Расчёт основной заработной платы приведён в таблице 25.

Таблица 25. Расчет основной заработной платы

Исполнители	$З_{\text{тс}}$, руб.	$k_{\text{р}}$	$З_{\text{м}}$, руб.	$З_{\text{дн}}$, руб.	$T_{\text{р.раб.}}$ дн.	$З_{\text{осн.}}$ руб.
Руководитель	23000	1,3	47840	2652	22	58344
Студент	1692	1,3	2200	131	183	23973

9.4.3 Дополнительная заработная плата

Дополнительная заработная плата включает заработную плату за не отработанное рабочее время, но гарантированную действующим законодательством.

Расчет дополнительной заработной платы ведется по формуле 11:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}} \quad (11)$$

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

$k_{\text{доп}}$ равен 0,12. Результаты по расчетам дополнительной заработной платы сведены в таблицу 26.

Таблица 26. Затраты на дополнительную заработную плату

Исполнители	Основная зарплата (руб.)	Коэффициент дополнительной заработной платы ($k_{\text{доп}}$)	Дополнительная зарплата (руб.)
Руководитель	58344	0,12	7001,28
Студент	23983	0,12	2877,96
Итого:			9879,24

9.4.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из формулы 12:

$$З_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}), \quad (12)$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

На 2017 г. в соответствии с Федеральным закона от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений, осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2017 году пониженная ставка – 27,1%.

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 27.

Таблица 27. Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная плата, руб.	заработная Дополнительная плата, руб.	заработная
Руководитель проекта	58344		7001,28
Студент	23983		2877,96
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	30%		
Итого			
Руководитель	19603,59		
Студент	8058,29		

9.4.5 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы является основой для формирования бюджета затрат проекта. Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 28.

Таблица 28. Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	
	Руководитель	Студент
1. Материальные затраты НТИ	0	60700
2. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	58344	23983
3. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	7001,28	2877,96
4. Отчисления во внебюджетные фонды	19603,59	8058,29
Бюджет затрат НТИ	84948,87	95619,25

9.4.6 Определение ресурсной, финансовой и экономической эффективности исследования

Научно-технический уровень характеризует, в какой мере выполнены работы и обеспечивается научно-технический прогресс в данной области. Для оценки научной ценности, технической значимости и эффективности, планируемых и выполняемых НИР, используется метод бальных оценок. В таблице 29 представлена сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта.

Таблица 29. Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Способствует росту производительности труда	0,3	5	4	5
Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,3	5	4	4
Помехоустойчивость	0,05	5	5	4
Энергосбережение	0,05	4	4	5
Надежность	0,15	5	4	4
Материалоемкость	0,15	5	5	4
Итого	1			

Рассчитаем интегральный показатель ресурсоэффективности по формуле:

$$I_{pi} = \sum a_i b_i,$$

где, I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки;

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i – бальная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания.

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки (I_{pi}) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{\text{исп } i} = \frac{I_{p \text{ исп } i}}{I_{\text{финр}}},$$

Так как все исполнения имеют одинаковую стоимость, то $I_{\text{финр}}^{\text{исп } i}=1$ для каждого исполнения. Тогда интегральный показатель для исполнения 1 имеет наилучшую эффективность проекта и является наиболее целесообразным вариант из предложенных.

Сравнительная эффективность проекта определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{исп } 1}}{I_{\text{исп } 2}},$$

Сравнительная эффективность разработки представлена в таблице 30.

Таблица 30. Сравнительная эффективность разработки

Показатель	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Интегральный финансовый показатель разработки	1	1	1
Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,95	4,65	4,35
Интегральный показатель эффективности	4,95	4,65	4,35
Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,06	1	0,94

Исходя из полученных данных и проведенного анализа эффективности можно сделать вывод, что вариант исполнения 1 является наиболее эффективным с позиции финансовой и ресурсоэффективности.

Финансовые ресурсы, затраченные на данное исследование, составляют 180568,12 рублей. Срок окупаемости проекта должен быть небольшим, угрозы, описанные в SWOT-анализе, не являются критическими, и не должны повлиять на успешность выхода разработки на рынок. К тому же, огромное значение для большинства предприятий имеют стоимость обслуживания, и надежность системы. Зная это, проект был задуман с упором именно на эти показатели. В разработанном проекте, по предварительным данным, оба параметра находятся на высоком уровне, что должно заинтересовать предприятия. Проект находится на стадии доработки

технической документации и моделирования отдельных узлов системы, за которым последует моделирование системы в целом.

Заключение

В результате выполнения выпускной квалификационной работы разработаны технические решения модернизации автоматического управления установки дозирования химического реагента в магистральный трубопровод. В ходе выполнения ВКР подобрано современное оборудование, которое имеет высокую точность измерения и способно работать с необходимыми технологическими параметрами установки дозирования, а именно полевые датчики и контроллер Siemens SIMATIC S7300. Для корректной работы разработанного проекта используется современная SCADA-система TIA Portal V13 WinCC.

Во время выполнения ВКР рассмотрен технологический процесс работы УДХ предназначенного для автоматизированного приема, контроля, хранения и дозированного ввода в технологические установки нефтегазодобывающего предприятия. Для корректной работы электродвигателя подобран частотный преобразователь необходимой мощности.

В ходе выполнения ВКР была разработана схема внешних проводов, позволяющая понять систему передачи сигналов от полевых устройств на щит КИПиА и АРМ оператора и, в случае возникновения неисправностей, легко их устранить. Для управления технологическим оборудованием и сбором данных были разработаны алгоритмы пуска/остановка технологического оборудования и управления сбором данных. При разработки САУ были детально проработаны структурная и функциональная, соответствующая ГОСТу и стандарту ANSI/ISA, схемы. В заключении разработана мнемосхема и дерево экранных форм.

В результате выполнения ВКР модернизирована автоматизированная система управления части установки комплексной подготовки газа, а именно установка дозирования химического реагента. Разработанная система полностью удовлетворяет поставленной задаче.

Список литературы

1. Ключев А.С. Проектирование систем автоматизации технологических процессов: справочное пособие.- М.: Энергоатомиздат, 1990. – 464 с.
2. ГОСТ 24.104-85. Единая система стандартов автоматизированных систем управления. Автоматизированные системы управления. Общие требования. - Москва: Изд-во стандартов, 1985. 18 с.
3. ГОСТ 24.104-85 Единая система стандартов автоматизированных систем управления. Автоматизированные системы управления. Общие требования. – Москва: Изд-во стандартов, 1985. 18с.
4. Громаков Е.И. Проектирование автоматизированных систем. – Томск 2009. – 134 с.
5. ПЛК METSO ACN-RT. [Электронный ресурс]. URL: <https://ru.scribd.com/document/252736955/Metso-ACN-CS-pdf>
6. Siemens SIMATIC S7-300. SIMATIC S7-300 Каталог URL: http://www.novec.ru/catalog/novosibirsk/catalog/siemens/s7_300.pdf
7. ООО «Нефтегаз-Развите», Блоки дозирования (УДХ) URL: <http://ng-razvitie.ru/bloki-dozirovaniya-reagentov.html>
8. КВВГ. Описание и технические характеристики. [Электронный ресурс]. URL: <https://cable.ru/cable/group-kvvg.php>
9. Расходомер электромагнитный Метран-370. Руководство по эксплуатации. URL: <http://www2.emersonprocess.com/siteadmincenter/PM%20Metran%20Documents/Catalog/Metran/Метран-370.pdf>
10. Датчик давления Метран-150. Руководство по эксплуатации. URL: <http://www2.emersonprocess.com/siteadmincenter/PM%20Metran%20Documents/Catalog/Metran/Метран-150AC.pdf>
11. САУ-М6. Устройство контроля уровня трехканальное. URL: http://data.lact.ru/f1/s/16/557/basic/1504/787/re_sau-m6_1464.pdf

12. ГОСТ 12.1.004–91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования.

13. КВВГ. Описание и технические характеристики. [Электронный ресурс]. URL: <https://cable.ru/cable/group-kvvg.php>

14. Комиссарчик В.Ф. Автоматическое регулирование технологических процессов: учебное пособие. Тверь 2001. – 247 с.

15. ГОСТ 21.408-93 Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов М.: Издательство стандартов, 1995.– 44с.

16. ГОСТ 19.701-90. Схемы алгоритмов, программ, данных и систем. Условные обозначения и правила выполнения. - Москва: Изд-во стандартов, 1990. 21 с.

17. Комягин А. Ф., Автоматизация производственных процессов и АСУ ТП газонефтепроводов. Ленинград, 1983. – 376 с.

18. Козлова А.К., Чертовских Р.А., Чехонин Е.М., Чугунова Т.Л. Математические методы моделирования в нефтегазовой отрасли. Учебно методическое пособие, 2004

19. Totally Integrated Automation Portal [Электронный ресурс]. Режим Доступа :<https://www.siemens.com/global/en/home/products/automation/industrysoftware/automation-software/tia-portal.html>, свободный.

20. ГОСТ 12.0.003-74 «Опасные и вредные факторы. Классификация»

21. СанПиН 2.2.4.3359-16. Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах.

22. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещённому освещению жилых и общественных зданий. М.: Минздрав России, 2003.

23. СП 52.13330.2011 Свод правил. Естественное и искусственное освещение.

24. СН 2.2.4/2.1.8.562 – 96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки.

25. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы.
26. Белов С.В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды: учебник для вузов. – М.: Изд-во Юрайт, 2013. – 671с.
27. ГОСТ 12.1.038-82. Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов.
28. ГОСТ 12.1.004–91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования.
29. ГОСТ 12.2.032-78. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.
30. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197–ФЗ.
31. ГОСТ 14254-96(МЭК 529-89). Степени защиты, обеспечиваемые оболочками. - Москва: Изд-во стандартов, 1996.
32. Основы функционально-стоимостного анализа: Учебное пособие/Под ред. М.Г. Карпунина и Б.И. Майданчика. - М.: Энергия, 1980. 175с.
33. Скворцов Ю.В. Организационно-экономические вопросы в дипломном проектировании: Учебное пособие. – М.: Высшая школа, 2006. 399 с.
34. Преобразователи частоты производства HYUNDAI серии N700E110HF [Электронный ресурс]. [http:// http:// http://xn--80aqahnfuib9b.xn--p1ai/n700e_110hf.html](http://xn--80aqahnfuib9b.xn--p1ai/n700e_110hf.html)

Приложение А

Приложение Б

Приложение В

Приложение Г

Приложение Д

Приложение Е

Приложение Ж

Приложение 3

Приложение И

Приложение К